

CAROT MUSEUM LIBRARY



HS 10290

Gj-A

Gj-A613.3

32

WHITNEY LIBRARY,
HARVARD UNIVERSITY.



THE GIFT OF

WHITNEY,

Har. Hooper Professor

MUSEUM OF COMPARATIVE ZOOLOGY

21,234

June 15, 1903.

TRANSFERRED TO GEOLOGICAL SCIENCES LIBRARY



ANNALES
DES MINES

Les **ANNALES DES MINES** sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le conseiller d'État, directeur du personnel, du secrétariat et de la comptabilité, est composée ainsi qu'il suit :

MM.

LINDER, inspecteur général des mines,
président.

BOCHET, inspecteur général.

CASTEL, d°

HATON DE LA GOUPIILLIÈRE, inspecteur
général, directeur de l'École supé-
rieure des mines.

ROGER, inspecteur général.

ORSEL, d°

MALLARD, inspecteur général, profes-
seur à l'École supérieure des mines.

LORIEUX, inspecteur général.

MASSIEU, d°

LAUR, d°

RÉSAL, inspecteur général, professeur
à l'École supérieure des mines.

VILLLOT, inspecteur général.

KELLER, ingénieur en chef, secrétaire
de la Commission de la statistique de
l'industrie minérale et des appareils
à vapeur.

MM.

FUCHS, ingénieur en chef, professeur
à l'École supérieure des mines.

VICAIRE, d°

CARNOT, ingénieur en chef, inspecteur
de l'École supérieure des mines.

LEDoux, ingénieur en chef, professeur
à l'École supérieure des mines.

AGUILLON, d°

DOUVILLÉ, d°

BERTRAND, d°

CHEYSSON, ingénieur en chef des ponts
et chaussées, professeur à l'École
supérieure des mines.

LE CHATELIER, ingénieur des mines,
professeur à l'École supérieure des
mines.

LODIN, d°

SAUVAGE, d°

ZEILLER, ingénieur en chef, *secrétaire
de la commission.*

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des **ANNALES DES MINES** pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les **ANNALES DES MINES** doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des **ANNALES DES MINES**.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison de 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, au prix de revient.

La publication des **ANNALES DES MINES** a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT.

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

HUITIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME XVI.

PARIS

V^{ME} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES

Quai des Augustins, n° 49

c 1889

100

100

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1889, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY OF LONDON.
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — Minutes of the Proceedings of the INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — Atti della SOCIETÀ TOSCANA DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — L'Industria. Rivista tecnica ed economica illustrata. *Milan.*
10. — Mémoires de la SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE. *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH-KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT-BRITAIN. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. *Édimbourg.*
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Étienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOG. GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Brunswick.*
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR-UND ARCHITEKTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — Anales de la SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*
28. — Berg-und Huttenmännische Zeitung. *Leipzig.*
29. — Bulletin de la SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE.
30. — SOCIÉTÉ CHIMIQUE DE PARIS.
31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*
32. — Zeitschrift des VEREINES DEUTSCHER INGENIEURE. *Berlin.*
33. — SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS CIVILS. *Paris.*
34. — OBSERVATOIRE DE PARIS.
35. — BOSTON SOCIETY OF NATURAL HISTORY. *Boston.*

ANNALES DES MINES. — Tome XVI, 1889.

a

36. — SOCIÉTÉ LINNÉENNE DE NORMANDIE. *Caen.*
37. — Moniteur des intérêts matériels. *Bruzelles.*
38. — Iron. The Journal of science, metals and manufactures. *Londres.*
39. — KÖNIGLICHE UNGARISCHE GEOLOGISCHE ANSTALT. *Bude-Pesth.*
40. — The Journal of the IRON AND STEEL INSTITUTE. *Londres.*
41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*
42. — NORTH OF ENGLAND INSTITUTE OF MINING AND MECHANICAL ENGINEERS. *Newcastle-upon-Tyne.*
43. — LITERARY AND PHILOSOPHICAL SOCIETY OF MANCHESTER.
44. — Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. BERGAKADEMIEN zu LEOBEN UND PRZIBRAM und der KÖN. UNGAR. BERGAKADEMIE zu SCHEMNITZ. *Vienne.*
45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen. *Vienne.*
46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liège.*
47. — Transactions of the AMERICAN INSTITUTE OF MINING ENGINEERS. *Easton (Pensylvanie).*
48. — REALE ACCADEMIA DEI LINCEI. *Rome.*
49. — AMERICAN CHEMICAL SOCIETY. *New-York.*
50. — ACADEMY OF NATURAL SCIENCES OF PHILADELPHIA.
51. — COMISION DEL MAPA GEOLOGICO DE ESPANA. *Madrid.*
52. — Mémorial de l'Artillerie de la Marine. *Paris.*
53. — MIDLAND INSTITUTE OF MINING, CIVIL AND MECHANICAL ENGINEERS. *Barnsley (Yorkshire).*
54. — L'Électricien, revue générale d'électricité. *Paris.*
55. — Giornale del Genio civile. *Rome.*
56. — Le génie civil. *Paris.*
57. — Revista minera y metalurgica. *Madrid.*
58. — Annales de la SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE BELGIQUE. *Liège.*
59. — UNITED STATES GEOLOGICAL SURVEY. *Washington.*
60. — INSTITUT ROYAL GÉOLOGIQUE DE SUÈDE. *Stockholm.*
61. — CANADIAN INSTITUTE. *Toronto.*
62. — Revue de la législation des mines. *Paris.*
63. — SECTION DES TRAVAUX GÉOLOGiques DU PORTUGAL. *Lisbonne.*
64. — SECOND GEOLOGICAL SURVEY OF PENNSYLVANIA. *Philadelphie.*
65. — Annalen des K. K. NATURHISTORISCHEN HofMUSEUMS. *Vienne.*
66. — Journal of the COLLEGE OF SCIENCE, Imperial University, Japan. *Tokyo.*
67. — ACADÉMIE IMPÉRIALE LÉOPOLDINO-CAROLINA DES NATURALISTES. *Halle.*
68. — Annales de la FACULTÉ DES SCIENCES DE TOULOUSE.
69. — NEW-YORK AKADEMY OF SCIENCES. *New-York.*
70. — INSTITUTION OF MECHANICAL ENGINEERS. *Londres.*
71. — DEPARTMENT OF MINES OF VICTORIA. *Melbourne.*
72. — DEPARTMENT OF MINES OF NEW SOUTH WALES. *Sydney.*

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1889.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

- ESCARY (J.). — Mémoire sur le problème des trois corps. In-4°, 63 p. Constantine, Heim. 20 fr. (9549)
- LAGRANGE. — Œuvres de Lagrange, publiées par les soins de M. J.-A. Serret (tomes 1-10 et 13) et de M. Darboux, sous les auspices de M. le ministre de l'instruction publique. T. 12, In-4°, VIII-393 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 20 fr. (8008)
- LANGLOIS (J.-A.). — Les Principes essentiels de la géométrie démontrés sans postulata. In-12, 72 p. avec fig. Paris, tous les libr. (8745)
- LAURENT (H.). — Traité d'analyse. T. 5 : Calcul intégral; Équations différentielles ordinaires. In-8°, 421 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 10 fr. (13258)
- LEBON (E.). — Sur les surfaces admettant les plans de symétrie du tétraèdre régulier et du cube. In-8°, 35 p. Paris, Delagrave. (Extr. du *Journal de mathématiques spéciales.*) (13512)
- MUSSAT (E.). — Résumé des connaissances mathématiques nécessaires dans la pratique des travaux publics et de la construction : calcul infinitésimal, courbes du second degré, mécanique rationnelle. Gr. in-8°, IX-375 p. avec fig. Paris, Baudry et C°. (13300)
- TARRY (G.). — Sur un problème classique. In-8°, 8 p. Paris, libr. Delagrave. (Extr. du *Journal de mathématiques élémentaires.*) (13366)

2° Physique. — Chimie. — Métallurgie.

- Annuaire de la chimie industrielle et de l'électro-chimie; par *Donato Tommasi*, docteur ès sciences, 1^{re} année, 1889. In-18 Jésus, 261 p. Paris, Tignol. (9944)
- BACLÉ (L.). — La Compagnie de Châtillon et Commentry à l'Exposition de 1889. Progrès récents de la métallurgie dans la préparation des produits militaires. In-8°, 56 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal *le Génie civil*.) (12190)
- BELL (L.). — Le Combustible gazeux. In-8°, 15 p. Paris, imp. Buttner-Thierry. (*Iron and steel Institute*.) (11212)
- BERTRAND (J.). — Leçons sur la théorie mathématique de l'électricité, professée au Collège de France. In-8°, xiv-296 p. avec fig. Paris, imp. Gauthier-Villars et fils. 10 fr. (13148)
- BLONDLOT (B.) et P. CURIE. — Sur un électromètre astatique pouvant servir comme wattmètre (M. E. Ducretet, constructeur). In-8°, 9 p. et fig. Nancy, imp. Berger-Levrault et C°. (14452)
- BRESSON (G.) et E. GRUNER. — Congrès international des mines et de la métallurgie. Progrès récents de l'affinage et de la déphosphoration dans la fabrication des fers et aciers. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation. In-8°, 23 p. Paris, Chaix. (7897)
- BRUSTLEIN (A.). — Le Ferro-chrome, rapport présenté au congrès international des mines et de la métallurgie à l'Exposition universelle de 1889, sur la demande du comité d'organisation. In-8°, 11 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C°. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale*.) (14474)
- BULLIOT (J.). — L'Unité des forces physiques au double point de vue philosophique et scientifique, mémoire présenté au congrès scientifique international des catholiques, tenu à Paris en 1888. In-8°, 25 p. Paris, bureaux des Annales de philosophie chrétienne. (8483)
- L'Unité des forces physiques. Réponse aux remarques de M. Vicaire. In-8°, 13 p. Saint-Dizier, imp. Saint-Aubin. (13169)
- CHANDLER ROBERTS-AUSTEN (W.). — Les Alliages. Trois leçons par M. le professeur *W. Chandler Roberts-Austen*, de la Société royale de Londres, professeur de métallurgie à l'École des mines, devant la Société des arts de Londres, en 1888. Traduit de l'anglais, avec l'autorisation de l'auteur, par M. G. Richard, ingénieur civil des mines. In-12, 81 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 4^f, 75. (12210)

- CHEVREUL (E.). — Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale. Avec un avant-propos de M. A. Arnaud, aide-naturaliste au Muséum d'histoire naturelle. In-4°, xxx-425 p. avec grav. et planche. Paris, Gauthier-Villars et fils. (1843)
- Collection de mémoires relatifs à la physique, publiés par la Société française de physique. T. 4 : Mémoires sur le pendule, précédés d'une bibliographie. In-8°, xlii-443 p. et 7 pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. 12 fr. (11967)
- COLSON (R.). — L'Énergie et ses transformations : mécanique, chaleur, lumière, chimie, électricité, magnétisme. In-8°, xii-236 p. Paris, Carré. (12650)
- COMPORTEY (F.). — La Compagnie des hauts fourneaux, forges et aciéries de la marine et des chemins de fer (Saint-Chamond) : ses travaux militaires. In-8°, 48 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal *le Génie civil*.) (13613)
- DAMOUR (E.). — Étude sur la mesure des températures élevées dans l'industrie et sur le pyromètre thermo-électrique de M. Le Chatelier. In-8°, 25 p. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq. (10870)
- DUCHER (L.). — Emploi nouveau des sulfures alcalins dans la purification des acides sulfurique et chlorhydrique arsenicaux destinés à la préparation de quelques produits chimiques, médicamenteux et alimentaires (thèse). In-4°, 44 p. Lille, imp. Plan. (10899)
- Établissements (les) métallurgiques à l'Exposition universelle de 1889. Fabrique d'essieux et de boulons de MM. Faugier et C^e, à Lyon ; par F. B. In-8°, 7 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal *le Génie civil*.) (8705)
- EVRARD (A.). — Congrès international des mines et de la métallurgie à l'Exposition universelle de 1889. De l'emploi des bains métalliques dans le traitement final des grosses pièces en acier et notamment des pièces de cuirassement. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation. In-8°, 15 p. et 4 planches. Paris, Chaix. (10277)
- FOURNIER (G.). — Applications industrielles des résidus provenant des piles aux bichromates Cr_2O_3 — ZnO . In-16, 58 p. Paris, Tignol. (7556)
- GAUTHIER (F.). — Forgeage comparé au marteau-pilon et à la presse, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie, à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 13 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^e. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minière*.) (14603)

- GAUTHIER (F.). — Les Alliages ferro-métalliques, leur fabrication, leurs propriétés, leurs emplois, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie, à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 126 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C°. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale.*) (14604)
- GOSSART (E.). — Mesure des tensions superficielles dans les liquides en caléfaction (méthode des larges gouttes) (thèse). In-4°, 115 p. et grav. Paris, Gauthier-Villars et fils. (13666)
- GUILLAUME (C.-E.). — Traité pratique de la thermométrie de précision. In-8°, xvi-336 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars. 12 fr. (8281)
- HAUCK (W.). — Les Piles électriques, thermo-électriques, et les Accumulateurs. 2^e édition française, revue et augmentée par G. Fournier, ingénieur électricien. Ouvrage illustré de 80 grav. Grand in-16, 309 p. Paris, Tignol. 5 fr. (9583)
- HENRY (C.). — Cercle chromatique de M. Charles Henry, présentant tous les compléments et toutes les harmonies de couleurs, avec une introduction sur la théorie générale du contraste, du rythme et de la mesure. In-12, 168 p. avec fig. Paris, Verdin. (7737)
- HIRN (G.-A.). — Constitution de l'espace céleste (Article critique). In-8°, 4 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (Extr. de la *Revue mensuelle d'astronomie populaire.*) (7533)
- JAMIN (J.) et BOUTY. — Cours de physique de l'École polytechnique; par M. Jamin. 4^e édition, augmentée et entièrement refondue par M. Bouty, professeur à la Faculté des sciences de Paris. T. 4. (Deuxième partie.) 3^e fascicule : les Aimants; Magnétisme; Electromagnétisme : Induction. In-8°, 469 p. avec 240 fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 8 fr. (11468)
- — 4^e édition, augmentée et entièrement refondue par M. Jamin, secrétaire perpétuel de l'Académie des sciences, et M. Bouty, professeur à la Faculté des sciences. T. 2. 1^{er} fascicule : Thermométrie; Dilatations. In-8°, 331 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. 5 fr. (13686)
- LEBLOND (H.). — Électricité expérimentale et pratique. Cours professé à l'école des officiers torpilleurs. T. 1^{er} : Étude générale des phénomènes électriques et des lois qui les régissent. In-8°, vii-285 p. avec fig. Nancy et Paris, Berger-Levrault et C°. 6 fr. (9337)
- T. 2 : Mesures électriques. In-8°, 277 p. avec fig. Nancy et Paris, Berger-Levrault et C°. 6 fr. (13704)

- LÉPANY (G.). — Les Établissements métallurgiques à l'Exposition universelle de 1889. Société de Commentry-Fourchambault. Houillères de Commentry et Montvicq : Hauts fourneaux ; fonderies, forges, aciéries et ateliers de construction de Fourchambault, Montluçon, Imphy et la Pique-Nevers. In-8°, 34 p. avec fig. Paris, imp. Chaix. (Extr. du journal *le Génie civil.*) (8569)
- MANSEAU (A.). — I. Action des chloroïdes et en particulier de l'iode sur l'antipyrine, recherche de cette substance dans les urines ; II. Action de l'acide azoteux, application à la recherche des azotites. In-8°, 8 p. Bordeaux, imp. Gounouilhou. (Extr. du *Bull. des travaux de la Soc. de pharmacie de Bordeaux.*) (11033)
- MATHIEU (L.) et J. MORFAUX. — Caractérisation des fuschines et autres couleurs de la houille dans les vins à l'aide d'un procédé simple et rapide. In-8°, 71 p. Constantine, Braham. Paris, Challamel et C°. (9048)
- MICHEL (L.). — Recherches sur quelques tungstates, molybdates, sélénates, tellurates cristallisés (thèse). In-4°, 71 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (8354)
- NORMAN-LOCKYER (J.). — Recherches sur les spectres des météorites. In-8°, 50 p. avec fig. Paris, imp. Gauthier-Villars et fils. 1^r 75. (Extr. du *Bull. astronomique.*) (8363)
- OSMOND (F.). — Congrès international des mines et de la métallurgie. Nouveaux procédés de trempe. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation. In-8°, 14 p. avec fig. Paris, Chaix. (8592)
- PELLAT. — Congrès international des électriciens. Les Étalons électriques. In-8°, 44 p. Paris, Imprimerie nationale. (8798)
- Procès-verbaux des séances du congrès international de chimie de l'Exposition universelle internationale de 1889, tenu au Conservatoire des arts et métiers, du 30 juillet au 3 août 1889. In-8°, 19 p. Paris, Imprimerie nationale. (*Ministère du commerce, de l'industrie et des colonies.*) (11564)
- PUTZ (G.). — Sur la perforation des plaques de blindage, d'après un document publié par l'usine Krupp. In-8°, 61 p. et planches. Nancy et Paris, Berger-Levrault et C°. (Extr. de la *Revue d'artillerie.*) (11568)
- RAOULT (F.-M.). — Sur le poids moléculaire des sucres et des alcools polyatomiques. In-8°, 20 p. Grenoble, imp. Allier père et fils. (Extr. des *Annales de l'enseignement sup. de Grenoble.*) (13072)

- RAULIN. — Expériences de chimie agricole. In-8°, 13 p. Lyon, imp. Pitrat aîné. (11870)
- Salines (les) et les Usines de produits chimiques de la frontière française à l'Exposition universelle de 1889. Établissements Daguin et C^e. Mines de sel et saline de Saint-Nicolas-Varangéville; soudière de la Madeleine. In-8°, 17 p. avec 3 fig. et 2 pl. Paris, aux publications du journal *le Génie civil*. (Extr. du *Génie civil*.) (9125)
- Statistique universelle des métaux précieux. In-8°, 16 p. Paris, Imprimerie nationale. (Extr. du *Bull. de statistique et de législation comparée*.) (10718)
- VALON (W.-A.). — De la fabrication de l'oxygène dans les usines à gaz et des résultats pratiques de son emploi dans l'épuration du gaz de houille. In-8°, 42 p. et planche. Paris, Chaix. (12361)
- VINÇOTTE (H.) et MANNE. — Le Bronze phosphoreux, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie, à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 49 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^e. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale*.) (14839)
- WEILLER (L.). — Nouveaux alliages industriels des métaux autres que le fer, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie, à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 40 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^e. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale*.) (11847)
- WEYHER (C.-L.). — Sur les tourbillons, trombes, tempêtes et sphères tournantes. Étude et expériences. 2^e édition, revue et augmentée. In-8°, 135 p. avec fig. et 3 pl. Paris, Gauthier-Villars et fils. 3f,50. (13389)
- WEYL (E.). — Les Industries du Creusot. La Cuirasse. In-8°, 63 p. Paris, Plon, Nourrit et C^e. (Extr. du *Génie civil*.) (10739)
- WILLM (E.) et M. HANRIOT. — Traité de chimie minérale et organique, comprenant la chimie pure et ses applications. T. 4 : Chimie organique. Gr. in-8°, 676 p. avec figures. Paris, G. Masson. (10207)
- ZAREMBA. — Sur un problème concernant l'état calorifique d'un corps solide homogène indéfini (thèse). In-4°, 79 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (13823)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- Algérie. Notice minéralogique; par le Service des mines. In-8°, 74 p. Alger, imp. Fontana et C°. (14409)
- ARCELIN (A.). — L'Homme tertiaire; mémoire présenté au congrès scientifique international des catholiques, tenu à Paris en 1888. In-8°, 32 p. Paris, bureaux des *Annales de philosophie chrétienne*. (8456)
- BARROIS (C.). — Faune du calcaire d'Erbray (Loire-Inférieure). Contribution à l'étude du terrain dévonien de l'ouest de la France. In-4°, 352 p. Lille, imp. Danel. (Extr. des *Mém. de la Soc. géol. du Nord*.) (10768)
- BIZET (P.). — Considérations géologiques et paléontologiques sur les terrains des environs de Bellême et de Mamers. In-8°, 51 p. et planches, Caen, Delesques. (Extr. du *Bull. de la Soc. linéenne de Normandie*.) (7646)
- BLANQUET. — Note sur la station paléolithique du Mont-Roty et sur un type nouveau d'instrument en silex, « le disque-racloir ». In-8°, 3 p. avec fig. Paris, imp. Hennuyer. (Extr. des *Bull. de la Soc. d'anthropologie*.) (7647)
- BLEICHER (G.). — Note sur la découverte d'un atelier de taille de silex aux environs de Commercy. In-8°, 7 p. avec fig. Nancy, imp. Berger-Levrault et C°. (9475)
- Les Vosges, Le Sol et les Habitants. Avec 28 coupes, profils et figures intercalés dans le texte. In-16, 320 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. 3^{fr}, 50. (11402)
- BOUSSEMAER (A.). — Note sur le panisélien du mont des Cats. In-8°, 5 p. avec fig. Lille, imp. Danel. (10799)
- BRÉON (R.). — Notes pour servir à l'étude de la géologie de l'Islande et des îles Fœroë. In-4°, 51 p. et 9 pl. Paris, Savy. 15 fr. (12628)
- Carte géologique de la France à l'échelle du millionième (en quatre feuilles). Exécutée, en utilisant les documents publiés par le Service de la carte géologique détaillée de la France, par un comité composé de MM. Barrois, Bergeron, Depéret, Lory, Potier, etc. 9^{fr}, 50. Paris, Baudry et C°. (1339)
- Carte géologique du Rouergue et de la Montagne Noire, par J. Bergeron. (Extrait de la carte du Dépôt de la guerre.) Échelle de 1/320.000. Gravée par Erhard. Paris, imp. Erhard. (1570)
- Cartes géologiques agronomiques des communes du départe-

ment des Ardennes, dressées par *Jeanjean et Loret* à l'échelle de 1/10.000. 1', 75 chacune. Sedan, imp. lith. Lissoir. (1820 à 1835.-1854 à 1867.-1885 à 1899.-1979 à 1988.-2037 à 2043.-2086 à 2097.-2118 à 2125).

CASTELNAU (F.). — Aide-mémoire de géologie, contenant les connaissances indispensables aux élèves des écoles secondaires et aux ingénieurs. Précédé d'une lettre-préface à l'auteur par le commandant Jeandel. In-12, 124 p. avec fig. Paris, Michelet. (10245)

CHAUVIN. — Recherches sur la polarisation rotatoire magnétique dans le spath d'Islande (thèse). In-4°, 55 p. avec fig. Paris, Gauthier-Villars et fils. (8219)

COTTEAU (G.). — Paléontologie française, ou Description des fossiles de la France, continuée par une réunion de paléontologistes sous la direction d'un comité spécial. 1^{re} série : Animaux invertébrés; terrain tertiaire. T. 1^{er} : Échinides éocènes, familles des Spatangidées, des Brissidées, des Échinonéidées et des Cassidulidées (pars). Texte. In-8°, 676 p. Paris, G. Masson. (10010)

DAUBRÉE (A.). — Les Régions invisibles du globe et des espaces célestes. Eaux souterraines, Tremblements de terre, Météorites. In-8°, 206 p. avec 78 fig. Paris, Alcan. (11972)

DICHAS (A.). — Étude sur les marnes coquillères de Saint-Lon. In-8°, 14 p. Dax, imp. Labèque. (Extr. du *Bull. scient. de la Soc. de Borda.*) (12676)

DOLLFUS (G.-F.). — Coquilles nouvelles ou mal connues du terrain tertiaire du Sud-Ouest. In-8°, 14 p. avec fig. Dax, imp. Labèque. (12678)

Études des gîtes minéraux de la France, publiées sous les auspices de M. le ministre des travaux publics par le Service des topographies souterraines. Bassin houiller et permien d'Autun et d'Épinac. Fascicule 1 : Stratigraphie; par M. *Delafond*. In-4°, 116 p. avec fig. et carte géologique au $\frac{1}{40.000}$ par MM. *Michel-Lévy, Delafond et Renault*. Paris, Baudry et C^e. (12945)

FASQUELLE (G.). — Notes sur la géologie agricole de la Corrèze. In-8°, 27 p. Tulle, imp. Crauffon. (Extr. du *Bull. de la Soc. des lettres, sciences et arts de la Corrèze.*) (12242)

GAUTHIER (V.). — Description des échinides fossiles recueillis en 1885 et 1886 dans la région sud des hauts plateaux de la Tunisie par M. Ph. Thomas, membre de la mission de l'exploration scientifique de la Tunisie. In-8°, 11-120 p. et album in-4° de planches (I-XI) dessinées d'après nature par M. F. Gauthier,

- formant le fascicule 1^{er} des illustrations de la partie paléontologique et géologique de l'exploration scientifique de la Tunisie. Paris, Imprimerie nationale. (*Exploration scientifique de la Tunisie.*) (9294)
- HITIER (H.). — Gisements de phosphate de chaux du terrain crétacé dans le nord de la France. In-8°, 32 p. avec fig. Nancy, imp. Berger-Levrault et C°. (Extr. des *Ann. de la science agromique française et étrangère.*) (10977)
- JACQUOT et WILLM. — Revision de l'Annuaire des eaux minérales de la France. Sources minérales de Canaveilles, du Vernet, de Molitg, de Nossa, d'Amélie-les-Bains et de la Preste (Pyrénées-Orientales). Notices géologiques et Analyses chimiques. In-8°, 21 p. Paris, Imprimerie nationale. (Extr. du *Recueil des travaux du Comité consultatif d'hygiène publique de France.*) (7574)
- LAPPARENT (A. de). — Les Étoiles filantes et les Aérolithes. In-8°, 40 p. Paris, imp. de Soye et fils. (Extr. du *Correspondant.*) (7755)
- LASSE (H.). — Contribution à l'étude géologique du département de l'Indre. In-8°, 78 [p. avec fig. Paris, Masson. (Extr. des *Annales géologiques.*) (12044)
- LE VERRIER (U.). — Note sur les plissements du sol de la Provence, suivie de : la Formation des montagnes. In-8°, 18 p. et 1 planche. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. du *Bull. de la Soc. scient. industrielle de Marseille.*) (10634)
- LÉVY (P.). — Des phosphates de chaux, de leurs principaux gisements en France et à l'étranger, des gisements récemment découverts, utilisation en agriculture, assimilation par les plantes. In-8°, 62 p. Paris, Masson. (Extr. des publications des *Annales géologiques.*) (14011)
- LOCARD (A.). — Exploration scientifique de la Tunisie. Description des mollusques fossiles des terrains tertiaires inférieurs de la Tunisie recueillis en 1885 et 1886 par M. Ph. Thomas, membre de la mission de l'exploration scientifique de la Tunisie (Paléontologie : Mollusques fossiles). In-8°, n-69 p. Paris, Imprimerie nationale. (9882)
- LOMBARD-DURAND. — Le Préhistorique à Sommières (Gard). Station et atelier néolithiques de Fontbousse. In-8°, 16 p. et planche. Nîmes, imp. Roger et Laporte. (Extr. du *Bull. de la Soc. d'étude des sciences naturelles de Nîmes.*) (8762)
- MAILLARD (G.). — Notions de géologie élémentaire appliquées à la Haute-Savoie (Faucigny et Genevois). In-8°, 47 p. et planche. Annecy, imp. Abry. (Extr. de la *Revue savoisienne.*) (8032)

- MASCARAUX (F.) et J. DE LAPORTERIE. — Découverte d'une grotte de l'âge du renne. In-8°, 4 p. et 1 pl. Dax, imp. Labèque. (11040)
- Mission d'Andalousie. Études relatives au tremblement de terre du 25 décembre 1884 et à la constitution géologique du sol ébranlé par les secousses. In-4°, 776 p. avec fig. et 42 pl. en noir et en couleur. Paris, Imprimerie nationale. (Extr. des *Mém. présentés par divers savants à l'Acad. des sciences.*) (7602)
- NARCY (P.). — Les Bitumes : définition; bitumes proprement dits, pyroschistes et retinasphaltes. In-8°, 142 p. Lille, imp. Lefebvre-Ducrocq. (10669)
- Notice sur les sources thermales et minérales de l'Algérie : par le Service des mines. In-8°, 95 p. Alger, imp. Fontana et C°. (11084)
- PIETTE (E.). — Les subdivisions de l'époque magdalénienne et de l'époque néolithique. In-8°, 25 p. Angers, imp. Burdin et C°. (12314)
- Nomenclature de l'ère anthropique primitive. In-8°, 12 p. Angers, imp. Burdin et C°. (12315)
- PLAUCHUD (E.). — Source sulfureuse des mines de Biabaux, mémoire lu à l'Athénée de Forcalquier, dans sa séance du 5 novembre 1888. In-8°, 11 p. Digne, imp. Chaspoul, Constans et V° Barbaroux. (11860)
- POMEL (A.), J. CURIE et G. FLAMAND. — Carte géologique de l'Algérie (directeurs : MM. Pomel et Pouyanne). Description stratigraphique générale de l'Algérie; par A. Pomel. Suivie d'une étude succincte sur les roches éruptives de cette région, par MM. J. Curie et G. Flamand. In-8°, 303 p. Alger, imp. Fontana et C°. (14758)
- RISLER (E.). — Géologie agricole. Première partie du cours d'agriculture comparée fait à l'Institut national agronomique. T. 2. Grand in-8°, 428 p. avec fig. et planches. Paris, Berger-Levrault et C°, et lib. agricole de la Maison rustique. (9417)
- ROUVILLE (P.-G. de). — Notions élémentaires de géologie. In-8°, 83 p. Montpellier, Calas. (14792)
- ROUVILLE (P.-G. de) et M. VIGUIER. — Explication de la carte géologique de l'Aude, publiée par P.-G. de Rouville, professeur doyen à la Faculté des sciences de Montpellier, en collaboration avec M. M. Viguiier, préparateur de géologie à la même Faculté en 1886, sous les auspices du conseil général de l'Aude. Gr. in-8°, 254 p. Montpellier, imp. Boehm. (13793)
- SAGNIER (A.). — Le Fémur fossile de Mastodonte ou d'Elephas donné au musée Calvet. In-8°, 12 p. Avignon, Seguin frères. (10410)

- TORCAPEL (A.). — Note sur la géologie de la ligne de Vogüé à Prades (Ardèche). In-8°, 19 pages et planche. Nîmes, imp. Chastanier. (Extr. des *Mém. de l'Acad. de Nîmes.*) (13566)
- VALLERANT (F.). — Étude stratigraphique et pétrographique de la région des Maures et de l'Estérel. In-8°, viii-214 p. et 9 pl. Rennes, imp. Oberthür. (9165)

4° Mécanique. — *Exploitation des mines.*

- ANSALONI. — Note sur les ascenseurs de la tour de 300 mètres. In-8°, 18 p. et 4 pl. Paris, imp. Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (12874)
- Association alsacienne des propriétaires d'appareils à vapeur. Section française. Exercice 1888. Gr. in-8°, 46 p. et 4 pl. Nancy, Berger-Levrault et C°. (7490)
- Associations françaises des propriétaires d'appareils à vapeur du nord de la France, alsacienne (section française), lyonnaise, normande, parisienne, de la Somme, de l'Aisne et de l'Oise, du Sud-Ouest, de l'Ouest, du Nord-Est, du Sud-Est, à l'Exposition universelle de 1889. Exposition collective de défauts de tôles, corrosions, incrustations. Gr. in-8°, 303 p. avec figures. Lille, imp. Danel. (9954)
- AUTISSIER (A.). — Notice sur les ardoisières de Rochefort-en-Terre (Morbihan). In-8°, 11 p. et plan. Saint-Étienne, imp. Théolier et C°. (14425)
- BOULVIN (J.). — Cours de mécanique appliquée aux machines, professé à l'École spéciale du génie civil de Gand. 7^e fascicule : Machines servant à déplacer les fluides. In-8°, 153 p. et 9 pl. Paris, Bernard et C°. (10235)
- CHALON. — Congrès international des mines et de la métallurgie. L'Électricité dans les mines. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation. In-8°, 11 p. Paris, Chaix. (7907)
- CHANSSELLE (J.). — L'Électricité dans les mines (transport, extraction, traction), rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie. In-8°, 8 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C°. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minière.*) (14504)
- CHARPY (G.). — Effets des explosifs. In-8°, 27 p. Paris, Baudoin et C°. (Extr. du *Mémorial de l'artillerie de la marine.*) (7526)
- CLEMENCEAU (P.). — Les Machines dynamo-électriques, de leur origine jusqu'aux derniers types] industriels. Avec 116 fig.

- dans le texte. Grand in-16, viii-240 p. Paris, Tignol. 5 fr. (9503)
- COLLIGNON (E.). — *Traité de mécanique. Deuxième partie : Statique. 3^e édition.* In-8°, 670 p. avec fig. Paris, Hachette et C^e. 7^f, 50. (7916)
- COMPÈRE (G.). — *Associations de propriétaires d'appareils à vapeur. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents de travail, tenu à Paris, du 9 au 14 septembre 1889.* In-8°, 29 p. Paris, Baudry et C^e. (12921)
- Compte rendu des séances du treizième congrès des ingénieurs en chef des associations de propriétaires d'appareils à vapeur, tenu à Paris les 11, 12 et 13 novembre 1888. In-8°, 284 p. avec fig. et 17 pl. Lyon, imp. Storck. (10534)
- Discussion de l'interpellation relative à la cessation de l'exploitation des mines de la Combelle et de Bouxhors. (Séance de la Chambre des députés du 21 juin 1889.) In-12, 87 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel*.) (8251)
- DUFRESNE (P.-L.). — *Étude historique sur l'emploi de l'air comprimé comme agent de transmission du travail à distance, présentée au congrès de mécanique appliquée de 1889.* In-8°, 22 p. et planches en couleur. Paris, Steinheil. (13208)
- DUJARDIN-BEAUMETZ (F.). — *Histoire graphique de l'industrie houillère en Angleterre depuis 1865, d'après les documents officiels.* In-4°, 27 p. et 12 pl. Paris, Bernard et C^e. (8946)
- FONTVOLIANT (B. de). — *Mémoire sur les déformations élastiques des pièces et des systèmes de pièces à fibres moyennes planes ou gauches. Théorie nouvelle et applications. Deuxième partie : Arcs; Poutres continues; Poutres encastrees; Forces extérieures fixes; Variations de température; Lignes d'influence.* In-8°, 167 p. et 3 pl. Paris, Steinheil. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (8537)
- GOULIER (C.-M.). — *Emploi des instruments ordinaires de topométrie pour les levés et les nivellements souterrains.* In-8°, 8 p. avec fig. Paris, Berger-Levrault et C^e. (Extr. du *Mémorial des manufactures de l'État*.) (13669)
- Guide du Génie civil dans le palais des Machines et dans ses dépendances. Cour de la force motrice. In-18, 12 p. et planche, Paris, imp. Chaix. 25 cent. (9309)
- HATON DE LA GOUPILLIÈRE. — *Cours d'exploitation des mines. T. 2.* In-8°, xvi-895 p. avec fig. Paris, V^e Dunod. (12017)
- LAPEYRE (H.). — *Hydraulique pratique. De la pression hydrau-*

- lique dans ses effets sur les conduites d'eau. Histoire d'une manœuvre de robinets. 2^e édition, revue et augmentée. In-8°, viii-64 p. Paris, Baudry et C^e. (10321)
- LE CHATELIER (H.). — Lampes de sûreté, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie, à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 87 p. avec fig. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^e. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale.*) (14673)
- LOBSTEIN (E.). — Les Mines de diamant du Cap. In-8°, 20 p. Paris, imp. Buttner-Thierry. (10097)
- MADAMET (A.). — La Thermodynamique et ses applications aux machines à vapeur. In-8°, xvi-237 p. avec fig. Paris, Bernard et C^e. 10 fr. (10339)
- MALLARD. — Sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie, à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 52 p. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^e. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale.*) (14690)
- MATHET (F.). — L'Air comprimé aux mines de Blanzy. 2^e édition, In-8°, 144 p. et pl. Saint-Étienne, imp. Théolier et C^e. (10110)
- MATHIEU (H.). — Manuel du chauffeur-mécanicien et du propriétaire d'appareils à vapeur. In-8°, iii-606 p. avec fig. Paris, Baudry et C^e. (14019)
- Mécanique moléculaire. In-8°, 123 p. Saint-Dié, imp. Grandidier. (11043)
- MINARY. — Description de la machine rotative à vapeur (système Minary). In-8°, 49 p. avec fig. et planche. Besançon, imp. Dодivers et C^e. (12497)
- MONTRICHARD (de). — Pompes à piston captant à mouvement elliptique et Moteur à vapeur à piston distributeur. In-8°, 44 p. Paris, librairie technologique. (Extr. de la *Publication industrielle d'Armengaud aîné.*) (13294)
- PICOU (R.-V.). — Traité théorique et pratique des machines dynamo-électriques. In-8°, 318 p. avec fig. Paris, Baudry et C^e. (11855)
- PURPER (L.). — Le principe du mouvement et son application à la mécanique céleste et à la météorologie. In-4°, iv-154 p. avec fig. et 34 pl. Paris, Schmidt. (13069)
- RAFFARD (N.-J.). — Accouplement élastique des arbres de transmission; Vapeur sèche à de grandes distances de la chaudière; Fermeture magnétique des lampes de sûreté des mines.

- In-8°, 19 p. avec fig. Paris, Chaix. (Extr. des *Bull. de la Soc. des anciens élèves des écoles d'arts et métiers.*) (8599)
- RAULT. — Essais de charbon sous des générateurs système Belleville. In-8°, 19 p. Nancy, imp. Berger-Levrault et C°. (Extr. du *Mémorial des manufactures de l'État.*) (13776)
- REBOURG (G.). — Moteur économique, système Rebourg. Étude d'un moteur à triple expansion. In-8°, 26 p. et 3 planches. Paris, Chaix. (Extr. du *Bull. technol. de la Soc. des anciens élèves des écoles nat. d'arts et métiers.*) (11351)
- RESAL (H.). — Traité de mécanique générale, comprenant les leçons professées à l'École polytechnique et à l'École supérieure des mines. T. 7: Développements sur la mécanique rationnelle et la cinématique pure comprenant de nombreux exercices. In-8°, xviii-389 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. 12 fr. (9413)
- REUMAUX. — Questions se rapportant à la montée, à la descente et à la circulation des ouvriers mineurs; spécialement question des parachutes et des recettes, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des mines et de la métallurgie. In-8°, 77 pages et planches. Saint-Étienne, impr. Théolier et C°. (Extr. du *Bull. de la Soc. de l'industrie minérale.*) (14781)
- RIEDLER (A.). — Transmission de la force par l'air comprimé, à Paris, d'après les procédés de M. Victor Popp. In-4°, 39 pages. Paris, Chaix. (8605)
- ROUCHÉ (E.). — Éléments de statistique graphique. Gr. in-8°, xvi-284 p. avec 107 fig. Paris, Baudry et C°. 12^f, 50. (*Encyclopédie des travaux publics.*) (9418)
- SERRANT (E.). — Les Mines et Gisements d'or de l'Afrique occidentale. In-8°, 31 p. Paris, Nadaud et C°. (10182)
- SERVEL. — Action meurtrière des poussières charbonneuses pendant et après l'explosion du grisou. In-8°, 14 p. Saint-Étienne, imp. Pichon. (10423)
- STAPFER (D.). — Transmetteurs hydrauliques. In-4°, 7 p. Marseille, imp. Barlatier et Barthelet. (Extr. du *Bull. de la Soc. scient. industrielle de Marseille.*) (10717)
- SWARTE (de). — Étude sur la stabilité manométrique des générateurs à vapeur. In-8°, 16 pages. Lille, imp. Danel. (*Société industrielle du nord de la France.*) (8845)
- SYROczynski (L.). — Note sur le forage canadien et son application à l'exploitation du pétrole en Galicie (Autriche). In-8°, 18 p. Paris, Chaix. (Exposition universelle de Paris en 1889.

- Congrès international des mines et de la métallurgie.) (10721)
TELLIER (C.). — La Force motrice supplémentaire gratuite par l'utilisation de la chaleur perdue des machines à vapeur. In-4°, 8 p. et planche. Lille, imp. Danel. (14081)
TRESCA (A.). — Procès-verbaux sommaires du congrès international de mécanique appliquée tenu à Paris du 16 au 21 septembre 1889. In-8°, 49 p. Paris, Impr. nationale. (14394)
VIEIRA (G.). — Notice sur la Société des mines de Châteauverdun et Castelminier. In-8°, 30 p. Toulouse, imp. Loubens. (12143)
WIDMANN (E.). — Étude des principes de la construction des machines marines. In-4°, 132 p. avec fig. et 21 pl. Paris, Bernard et C°. (12855)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

- BANDERALI**. — La Vitesse des trains express et ses conséquences techniques, conférence faite le 6 avril 1889, à l'Association française pour l'avancement des sciences. In-8°, 39 p. Paris, impr. Quantin. (Extr. de la *Revue scientifique*.) (7637)
BÉOTHY (A.). — Machine locomotive à grande vitesse de 750 chevaux-vapeur, étudiée par Ala Béothy, ingénieur. In-8°, 34 p. Paris, Baudry et C°. (12194)
BONNIN (R.). — Valve automatique destinée à mettre en concordance l'action combinée des freins à vide automatiques d'un train et des freins à vapeur de la locomotive. In-4°, 8 p. Lille, impr. Danel. (Extr. de la *Revue générale des chemins de fer*.) (10791)
Compte rendu sommaire de la troisième session du congrès international des chemins de fer (14 au 23 septembre 1889). In-8°, 113 p. Paris, Chaix. (12218)
EIFFEL, CONTAMIN et FOUQUET. — Exposition universelle de 1889. Congrès international des procédés de construction. Note sur les constructions métalliques. In-8°, 26 p. Paris, Chaix. (10266)
FOSSATI et RENÉ-VIGNEULLE. — Moyens incontestables destinés à prévenir et arrêter les accidents de chemins de fer, et Moyens de sauvegarder immédiatement la vie des voyageurs. Nouveau système de traction et de navigation. Suivi de : Système Fossati destiné à prévenir les accidents de chemins de fer, discours prononcé par René-Vigneulle. 2^e édition. In-8°, 56 p. Paris, impr. Roussel. 5 fr. (13481)
GRUSON. — Société industrielle du nord de la France. Ascenseur

- hydraulique des Fontinettes, sur le canal de Neuffossé. In-8°, 17 p. avec plans. Lille, impr. Danel. (10054)
- HALLOPEAU (P.-F.-A.). — Emploi de l'acier doux (fer fondu) dans la construction des ponts métalliques pour chemins de fer (pont de Gagnières, Gard). In-4°, 39 p. avec fig. Paris, Dunod. (Extr. de la *Revue générale des chemins de fer.*) (8559)
- LAPPARENT (A. de). — L'Exposition de 1889 et les constructions métalliques. In-8°, 56 p. Paris, impr. de Soye et fils. (Extr. du *Correspondant.*) (9033)
- MALO (L.). — Les Fondations de machines en maçonnerie asphaltique. In-8°, 41 p. avec fig. Paris, impr. Chaix. (8768)
- MEULEN (M. de). — La Locomotive. Le Matériel roulant et l'Exploitation des voies ferrées. Gr. in-8°, xiv-259 p., av. 53 gravures. Paris, Firmin-Didot et C°. (8051)
- MONTCHARMONT (P.). — Voie métallique universelle. In-8°, 19 p. et planche. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (11822)
- NANSOUTY (M. de). — Historique et Description de la tour Eiffel de 300 mètres. Gr. in-4°, 46 p. avec fig. et portrait. Paris, Tignol. (8064)
- Notice sommaire sur le chemin de fer glissant à propulsion hydraulique. In-8°, 8 p. et planche. Paris, Chaix. (9381)
- Notice sur le matériel et les machines-outils exposés par la Compagnie du chemin de fer du Nord à l'Exposition universelle de 1889. (Matériel et traction.) In-4°, 68 p. avec fig. et planches. Lille, imp. Danel. (11837)
- Notice sur le matériel et les objets exposés par la Compagnie du chemin de fer du Nord à l'Exposition universelle de Paris, 1889. In-4°, 147 p. avec fig. et planches. Lille, imp. Danel. (11838)
- Notice sur le matériel, les modèles et les dessins exposés au premier étage de la galerie des Machines et dans le parc par la Compagnie des chemins de fer de l'Ouest (direction des travaux) à l'Exposition universelle de 1889, cl. 61. In-4°, 37 p. et planches. Lille, imp. Danel. (11839)
- Notices sur les objets présentés à l'Exposition universelle de 1889 par la Compagnie des chemins de fer de l'Est. In-4°, 187 p. avec fig. Lille, imp. Danel. (11841)
- PAPONOT (F.). — Nouveau système de fondation étanche par l'emploi des pieux-palplanches en fer ou en acier. In-4°, 8 p. avec grav. Paris, Baudry et C°. (10376)
- PESSON (A.). — Discours prononcé par M. Albert Pesson, député d'Indre-et-Loire. Discussion, dans la séance du 29 novembre

- 1888 de la Chambre des députés, des travaux à effectuer en vertu des conventions du 20 novembre 1883. In-8°, 17 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel*.) (8596)
- POLONCEAU (E.). — La Locomotive Compound. In-8°, 46 p. et 5 pl. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (12085)
- RICHOU (G.). — Note sur un wagon déversant à mouvement pneumatique exposé à l'Exposition universelle de 1889 par E. Chevalier, constructeur de matériel de chemins de fer à Paris. In-8°, 8 p. et 2 pl. Paris, Chaix. (Extr. du *Génie civil*.) (12102)
- SANDBERG (C. P.). — Nouveau rail Goliath avec semelle en acier. In-8°, 12 p. et planche. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils*.) (10706)
- SCHLUMBERGER (A.) et E. KOECHLIN. — Description de la première locomotive avec chaudière tubulaire construite par M. Seguin aîné pour le chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne en 1828. Extrait du rapport à la Société industrielle de Mulhouse, lu dans la séance du 23 octobre 1831. In-8°, 42 p. et 2 pl. Lyon, imp. Pitrat aîné. (7617)
- SOMMÉE (J. de). — Chemins de fer d'intérêt local du département de la Nièvre. Le Chemin de fer d'intérêt local à travers le Morvan devant le conseil général de la Nièvre. In-8°, 16 p. Paris, Chaix. (11891)
- Statistique des chemins de fer français au 31 décembre 1887. Documents principaux. In-4°, 387 p. et 2 cartes. Paris, Imp. nationale. 5 fr. (*Ministère des travaux publics*.) (8132)
- URQUHART (T.). — Note sur l'application du système Compound aux locomotives chauffées au pétrole en Russie. In-8°, 46 p. Paris, imp. Buttner-Thierry. (Soc. des *Mechanical Engineers*.) (8853)
- ZSCHOKKE (C.) et P. TERRIER. — Travaux hydrauliques et Fondations pneumatiques exécutées en Italie de 1883 à 1889. Rome : rectification du Tibre, quais, égouts et dragages, construction des ponts Cestio, Palatin et Garibaldi. Gènes : construction de deux bassins de radoub et d'ouvrages annexes. Livourne : prolongement du bassin de radoub. In-8°, 50 p. Paris. Chaix. (8157)
- — — Exécution des travaux sous-marins de l'avant-port de la Pallice (la Rochelle). Description des engins et procédés brevetés dont l'entreprise a fait emploi. In-8°, 17 p. Paris, Chaix. (9444)

7° *Objets divers.*

- BATTEUR (E.). — De la nouvelle loi sur les accidents industriels, conférence du 4 décembre 1888. In-8°, 19 p. Lille, imp. Danel. (Assoc. amicale des anciens élèves de l'Institut du Nord.) (13416)
- BENOIT (J.-R.). — Conférence générale des poids et mesures (septembre 1889). Rapport sur la construction, les comparaisons et les autres opérations ayant servi à déterminer les équations des nouveaux prototypes métriques, présenté par le comité international des poids et mesures. In-4°, 136 p. Paris, Gauthier-Villars et fils. (13594)
- BOVET (A. de). — Note sur l'éclairage électrique de l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 31 p. avec fig. Paris, Chaix. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (8655)
- Cartes commerciales, physiques, politiques, administratives, routières, ethnographiques, minières et agricoles, avec notice descriptive, publiées par la librairie Chaix. États-Unis du Mexique. Première partie; par F. Bianconi et L. de Bales-trier. In-4° à 2 col., 52 p. et carte. Paris, Chaix. 4 fr. (8905)
- Carte économique de la France au point de vue des principales productions naturelles et industrielles du sol, etc. Paris, Guillaumin et C°. (1495)
- DERVAL (E.). — Etude sur la navigation aérienne. Critique des aérostats électriques au point de vue du choix du moteur; Aérostat de Meudon; Emploi de la glace dans les machines à condensation; Aérostat de Meusnier et de Dupuy de Lôme; Calcul de la vitesse; Plans inclinés; Conditions de stabilité des aérostats de forme allongée; Ballons-Montgolfières à vapeur; Durée des voyages aériens; Chaudière aérostatique; Suppression de la nacelle; Aéro-condenseur; Atterrissage; Résistance de l'air; Hélice aérienne; Machines à réaction; Aviation. In-8°, 243 p. avec planches et grav. Paris, Michelet. (869)
- DROZ (N.). — État de la question des accidents du travail en France et à l'étranger, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 35 p. Paris, Baudry et C°. (12939)
- État itinéraire des routes nationales, faisant connaître: 1° la position des embranchements des routes; 2° la longueur des sections comprises entre les embranchements; 3° la longueur

- totale de chaque route et sa longueur dans chaque département; 4° la distance entre le point de départ et le point d'arrivée assignés à chaque route par sa désignation officielle; 5° la position des principales localités desservies par les routes nationales, accompagné d'une carte générale des routes nationales et d'un album de croquis départementaux précisant la distribution relative des sections de routes et la position des localités desservies. Texte et atlas. 2 vol. In-4°. Texte, iv-252 p.; atlas, 4 p. et 90 cartes. Paris, Baudry et C°. (Publication du *Ministère des travaux publics*.) (13954)
- FLEURY (P.-E.-J.). — De la direction possible des aérostats. Emploi d'un nouveau moteur. In-8, 16 p. avec fig. Paris, imp. Casta-Lumio. (7943)
- FOURNIÉ. — Question des eaux d'égout de Paris. Rapport au conseil général du département de Seine-et-Oise, sur un projet de canal à la mer. In-8°, 42 p. Versailles, imp. Cerf et fils. (11748)
- FROMAGE (L.). — Navigation aérienne. Aérostat à tube central. Projet de Lucien Fromage. In-4°, 45 p. avec portrait et planche. Rouen, imp. Cagniard. (9842)
- GUÉGUIN (A.). — Étude sur le rayonnement de la chaleur considéré dans ses applications à l'éclairage et au chauffage. In-8°, 51 p. et planche. Paris, Michelet. (12451)
- HINSTIN (J.). — Note présentée à la commission permanente du congrès international des accidents du travail. In-8°, 16 p. Paris, imp. Pariset. (13680)
- KELLER (O.). — Définition et Statistique des accidents. Deuxième partie: I. Statistique des accidents du travail, chemins de fer, mines, carrières, appareils à vapeur; II. Éléments du prix de revient de l'assurance contre les accidents, classement des risques. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 55 p. Evreux, imp. Hérissé. (13002)
- LAPORTE. — Réglementation et Inspection officielle des établissements industriels dans les divers pays. Deuxième partie: Travail des femmes et des enfants dans les usines et manufactures. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 19 p. Evreux, imp. Hérissé. (13010)
- LIVACHE. — Réglementation et Inspection officielle des établis-

- sements industriels dans les divers pays. Troisième partie : Établissements dangereux et insalubres. Rapport soumis aux délibérations du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 18 p. Evreux, imp. Hérissey. (13021)
- LEZÉ (R.). — Les Machines à glace et les Applications du froid. Petit in-8°, 214 p. avec figures et planche. Paris, Tignol. (14286)
- MAMY (H.). — Les Accidents du travail devant la législation et l'initiative privée. In-8°, 20 p. Paris, imp. Levé. (Extr. de *la Réforme sociale*.) (8343)
- Mesures préventives contre les accidents. Mesures prises par les industriels et les associations d'industriels en France et à l'étranger pour prévenir les accidents, rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 8 p. Evreux, imp. Hérissey. (13030)
- MARESTAING (H.). — Définition des accidents du travail dans les divers pays ; caractères distinctifs de ces accidents et des incapacités qui en résultent. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 22 p. Evreux, imp. Hérissey. (13033)
- MELON (E.). — Le Gaz, source de lumière, de chaleur et de force, conférence faite le 16 décembre 1888. In-8°, 35 p. Lille, imp. Danel. (*Société industrielle du nord de la France*). (8773)
- MOESSARD (P.). — Le Cylindrographe, appareil panoramique. 2 vol. in-18 Jésus. Première partie : le Cylindrographe photographique, chambre universelle pour portraits, groupes, paysages et panoramas, 41 p. avec fig. et planche ; seconde partie : le Cylindrographe topographique, application nouvelle de la photographie aux levés topographiques, 54 p. avec fig. et planche. Paris, Gauthier-Villars et fils. 3 fr. (11527)
- MONTILLOT (L.). — La Lumière électrique : générateurs, foyers, distribution, applications. Avec 190 figures intercalées dans le texte. In-16, vii-408 p. Paris, J.-B. Baillière et fils. 3,50. (11828)
- MULLER (E.) et E. CACHEUX. — Les Habitations ouvrières en tous pays. 2^e édition, entièrement refondue. (Texte et atlas.) Texte, grand in-8°, 672 p., et atlas grand in-f° de 78 pl. Paris, Baudry et C^e. 60 fr. (10124)
- MULLER (E.), H. MAMY et H. DANZER. — Rapport sur l'exposition générale allemande pour la protection contre les accidents

- (Berlin, 1889). Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 35 p. Paris, Baudry et C°. (13047)
- Notice sur l'exposition du service des poudres et salpêtres à l'Exposition universelle de 1889. In-8°, 18 p., Lille, imp. Danel. 20 cent. (10126)
- Notice sur le nivellement général de la France. In-8°, II-71 p. avec fig. Paris, Imp. nationale. (Extr. des *Notices sur les modèles, dessins et documents divers relatifs aux travaux des ponts et chaussées et des mines.*) (11540)
- OLRY (A.). — Réglementation et Inspection officielle des établissements industriels dans les divers pays. Première partie : Mines, minières, carrières, chemins de fer, appareils à vapeur. Rapport présenté sur la demande du comité d'organisation du congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 52 p. Evreux, imp. Hérissé. (13052)
- RENOUARD (A.) et L. MOY. — Les Institutions ouvrières et sociales du département du Nord à l'Exposition universelle de 1889 (Commission de l'économie sociale). Gr. in-4°, XII-416 p. Lille, imp. Danel. (8818)
- RICARD. — Discours prononcés à la séance de la Chambre des députés du 5 juillet 1889, dans la deuxième délibération sur les propositions de loi relatives aux caisses de secours et de retraites des ouvriers mineurs. In-32, 32 p. Paris, imp. des journaux officiels. (Extr. du *Journal officiel.*) (8604)
- TARBOURIECH (E.). — Des assurances contre les accidents du travail. Assurance collective et de responsabilité civile, avec un examen des législations étrangères et du projet de loi voté par la Chambre des députés le 10 juillet 1888. Gr. in-8°, LXXII-317 p. Paris, Marchal-Billard. 5 fr. (10433)
- TISSOT (A.). — Mémoire sur la représentation des surfaces et les projection des cartes géographiques. In-8°, 341 p. et tableaux. Paris, Gauthier-Villars. 9 fr. (10188)
- TOQUÉ (A.). — Aperçu général sur les dispositions techniques propres à prévenir les accidents, rapport présenté au congrès international des accidents du travail, tenu à Paris du 9 au 14 septembre 1889. In-8°, 34 p. Evreux, imp. Hérissé. (14085)
- WITZ (A.). — Production et Vente de l'énergie électrique par les stations centrales. In-8°, 46 p. Lille, imp. Danel. (Publication de la *Soc. industrielle du nord de la France.*) (11191)

OUVRAGES ANGLAIS.

1° *Mathématiques pures.*

- CHRISTAL (G.). — Algebra. Part 1. 2nd ed. In-8°. A. and C. Black. 13^l/15.
- GREEN (G.). — An Essay on the Application of Mathematical Analysis to the Theories of Electricity and Magnetism. In-4°, x-72 p. Hamilton. 12^l/50.
- JOHNSON (W.-W.). — A Treatise on Ordinary and Partial Differential Equations. In-8°. Macmillan. 18^l/75.
- NEWMAN (F.-W.). — Mathematical Tracts. Part 2. In-8°. Macmillan. 5^l.
- SPOONER (H.-J.). — Practical Plane and Solid Geometry: Including Graphic Arithmetic. Vol. 1, Elementary Stage. Written to Meet the Requirements of the New Syllabus of the Science and Art Department, South Kensington. 3rd ed. In-8°, 272 p. Cassell. 3^l/75.
- Todhunter's* Integral Calculus (Key to). By H. St. J. Hunter. In-8°, 130 p. Macmillan. 13^l/15.
- WATSON (H.-W.) and BURBURY (S.-H.). — The Mathematical Theory of Electricity and Magnetism. Vol. 2: Magnetism and Electrodynamics. In-8°, 264 p. Frowde. 13^l/15.

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

- ARNOLD (R.). — Ammonia and Ammonium Compounds. Comprising their Manufacture from Gas-Liquor and from Spentoxide, with the Recovery from the Latter of the By-Products, Sulphur, Sulphocyanides, Prussian Blue, etc. Trans. from the German by H. G. Colman. Illust. by numerous Woodcuts. In-8°, 130 p. Low. 6^l/25.
- BAUERMAN (H.). — A Treatise on the Metallurgy of Iron. 6th ed., Revised and Enlarged. In-12, 520 p. Lockwood and Son. 6^l/90.
- BERLINGER (C. and J.-J.). — A Text-Book of Assaying, for the Use of those Connected with Mines. With numerous Diagrams. In-8°, 408 p. Griffin. 13^l/15.
- BERNTSEN (A.). — A Text Book of Organic Chemistry. Trans. by

- G. McGowan.* The Original Text especially brought up to Date by the Author for this Edition. In-8°, 556 p. Blackie. 41^s,25.
- CUNDELL (J. P.). — A Dictionary of Explosives. In-8°, 418 p. Chatham, Mackay. Hamilton. 41^s,25.
- ESSLER (M.). — A Handbook of Modern Explosives: Being a Practical Treatise on the Manufacture and Application of Dynamite, Gun-Cotton, Nitro-Glycerine and other Explosive Compounds, including the Manufacture of Collodion-Cotton. With about 100 Illusts. In-8°, 324 p. Lockwood and Son. 43^s,15.
- GRAY (A.). — Absolute Measurements in Electricity and Magnetism. 2nd ed., Revised and greatly Enlarged. In-8°, 390 p. Macmillan. 61^s,90.
- GROVES (C.-E.) and THORP (W.). — Chemical Technology; or, Chemistry in its Applications to Arts and Manufactures. With which is Incorporated Richardson and Watts' Chemical Technology. Vol. 1: Fuel and its Application. By *E. J. Mills* and *F. J. Rowan*. Edit. by *C. E. Groves*. In-8°, 820 p. Churchill. 37^s,50.
- HOBNS (A.-H.). — Iron and Steel Manufactures: A Text-Book for Beginners. In-8°, 188 p. Macmillan. 41^s,40.
- HOPKINS (G.-M.). — Experimental Science: Elementary, Practical and Experimental Physics. Illust. by more than 650 Engravings. In-8°. Spons. 22^s,50.
- JAMIESON (A.). — Elementary Manual of Magnetism and Electricity. Specially Arranged for the Use of First Year Science and Art Department and other Electrical Students. Part 1, Magnetism. In-12, 78 p. Griffin. 41^s,25.
- LODGE (O. J.). — Modern Views of Electricity. With Illusts. In-8°, 418 p. Macmillan. 81^s,15.
- MEADOWCROFT (W.-H.). — The A B C of Electricity. Illust. with Diagrams. 2nd ed. In-8°, 108 p. Heywood. 21^s,50.
- MILLS (J.) and BARKER (N.). — A Handbook of Quantitative Analysis. Illust. In-8°, 218 p. Chapman and Hall. 41^s,40.
- — — Introductory Lessons on Quantitative Analyses, suitable for the Examinations of the Science and Art Department and the University of London. Illust. In-8°, 84 p. Chapman and Hall. 41^s,90.
- PICTON (H.-W.). — The Story of Chemistry. With a Preface by Sir *H. Roscoe*. In-8°, 382 p. Isbister. 41^s,40.
- POYSER (A.-W.). — Magnetism and Electricity. In-8° 255 p. Longmans. 31^s,45.

- RUST (A.). — Electricity Theoretically and Practically Considered by the Aid of Thermo-Electricity. In-8°, 32 p. Spons. 2^l,50.
- TAIT (P.-G.). — Light. 2nd ed., Revised and Enlarged. In-8°. A. and C. Black. 7^l,50.
- THWAITE (B.-H.). — Gaseous Fuel; Including Water Gas, its Production and Application: A Lecture Delivered at the Association Hall, Peter Street, Manchester, on March 29, 1889. In-8°, 46 p. Whittaker and Co. 4^l,90.
- TUMLIRZ. — Potential and its Application to the Explanation of Electrical Phenomena, Popularly Treated. Transl. by D. Robertson. In-8°, 286 p. Rivingtons. 4^l,40.
- VALK (F.). — Lectures on the Errors of Refraction, and their Correction with Glasses. Illust. In-8°. Putnam's Sons. 15^l,65.
- Watts' Manual of Chemistry, Theoretical and Practical. (Based on Fownes' Manual.) Vol. 1: Physical and Inorganic Chemistry. 2nd ed. In-8°, 560 p. Churchill. 10^l,65.
- Watts' Dictionary of Chemistry. Revised and entirely Re-written by M. M. Pattison Muir and H. Forster Morley, Assisted by Eminent Contributors. 4 vols. Vol. 2. In-8°, 778 p. Longmans. 52^l,50.
- WRIGHT (M.-R.). — Elementary Physics. In-8°, 246 p. Longmans. 3^l,15.

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- DAWSON (Sir J.-W.). — Handbook of Geology for the Use of Canadian Students. With Illusts. In-8°, viii-250 p. Montréal, Dawson Brothers.
- Geological Survey.* Memoirs of the Geological Survey. England and Wales. The Geology of London and of Part of the Thames Valley. Explanation of Sheets, 1, 2 and 7. By W. Whitaker. Vol. 1, Descriptive Geology. 7^l,50. Vol. 2, Appendices. 6^l,25.
- Memoirs of the Geological Survey of Ireland. Explanatory Memoir to Accompany Sheet 17 and S. E. Portion of Sheet 41 of the Maps of the Geological Survey of Ireland. By G. H. Kinahan, S. B. Wilkinson, J. Nolan, and F. W. Egan. With Petrographical Notes by J. S. Hyland. 4^l,25.
- GWINNELL (W.-F.). — Geology in Systematic Notes and Tables, for the Use of Teachers and of Taught. 2nd ed. In-8°, 90 p. Allman. 5^l.
- HARKER (A.). — The Bala Volcanic Series of Caernarvonshire and Associated Rocks. In-8°, 130 p. Cambridge Warehouse. 9^l,40.

- HARRISON (J.-T.).** — On the Creation and Physical Structure of the Earth. With Maps. In-8°, 198 p. Longmans. 9^l,40.
- IRVING (A.).** — Chemical and Physical Studies on the Metamorphism of Rocks, based on a Thesis (with Appendices) written for the Doctorate in Science in the University of London. In-8°, 148 p. Longmans. 6^l,25.
- LOBLEY (J.-L.).** — Mount Vesuvius : A Descriptive, Historical, and Geological Account of the Volcano and its Surroundings. With Maps and Illusts. In-8°, 386 p. Roper and Drowley. 15^l,65.
- MILLER (H.).** — The Cruise of the *Betsy*, with Rambles of a Geologist. New ed. In-8°, 476 p. Edinburgh, Nimmo. Simpkin. 4^l,40.
- The Old Red Sandstone; or, New Walks in an Old Field. New ed. In-8°, 400 p. Edinburgh, Nimmo. Simpkin. 4^l,40.
- Footprints of the Creator; or, The Asterolepis of Stromness. With Memoir by *L. Agassiz*. New ed. In-8°, 422 p. Edinburgh, Nimmo. Simpkin. 4^l,40.
- Sketch Book of Popular Geology. New ed. In-8°, 358 p. Edinburgh, Nimmo. Simpkin. 4^l,40.
- NICHOLSON (H.-A.) and LYDEKKER (R.).** — A Manual of Palæontology for the Use of Students. 3rd ed., Re-written and greatly Enlarged. 2 vols. In-8°, 1640 p. Blackwood and Sons. 78^l,75.
- ROSENBUSCH (H.).** — Petrographical Tables. An Aid to the Microscopical Determination of Rock Forming Minerals. Transl. and Edit. by Dr. *F. H. Hatch*. In-4°. Swan Sonnenschein. 4^l,40.
- WRIGHT (G.-F.).** — The Ice Age in North America; and its Bearings on the Antiquity of Man. With an Appendix on the Probable Cause of Glaciation by *Warren Upham*. With many new Maps and Illusts. In-8°, 626 p. Kegan Paul, Trench and Co. 26^l,25.

4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*

- BLAIRIE (J.).** — The Elements of Dynamics (Mechanics). With numerous Examples and Examination Questions. New and Enlarged ed. In-8°, 202 p. Edinburgh, Thin. Simpkin. 4^l,40.
- BALE (M.-P.).** — Pumps and Pumping. A Hand Book for Pump Users : Being Notes on Selection, Construction and Management. In-8°, 120 p. Crosby Lokwood and Son. 3^l,15.
- BODMER (G.-R.).** — Hydraulic, Motors, Turbines, and Pressure Engines, for the Use of Engineers, Manufacturers and Students. With numerous Illusts. In-8°, 532 p. Whittaker. 17^l,50.

FISHER (O.). — *Physics and the Earth's Crust*. 2nd ed., altered and enlarged. In-8°, 402 p. Macmillan. 15 fr.

Government Publications. — *Mines and Minerals Statistics of the United Kingdom of Great Britain and Ireland, with the Isle of Man. For the Year 1888*. 4^f, 70.

— *Mines. List of Mines Worked in the Year 1888 under The Coal Mines Regulation Act, 1887; The Metalliferous Mines Regulation Acts, 1872 and 1875; and The Slate Mines (Gunpowder) Act, 1882. Including some of the Openworks not under those Acts*. 2^f, 50.

— *Mines. List of the Plans of Abandoned Mines Deposited in the Home Office under The Coal and Metalliferous Mines Regulation Acts. Corrected to the 30th June, 1889*. 0^f, 95.

GREENWELL (G.-C.). — *A Practical Treatise on Mines Engineering*. 3rd ed., Reprinted from the 2nd. In-4°, Spons. 18^f, 75.

JAMIESON (A.). — *A Text Book of Steam and Steam Engines*. 5th ed. With numerous Diagrams. Four Folding Plates, and Examination Questions. In-8°, 392 p. Griffin. 9^f, 40.

LINTERN (W.). — *Mineral Surveyor's Guide*. 3rd ed. Lockwood and Son. 5 fr.

LONEY (S.-L.). — *A Treatise on Elementary Dynamics*. In-8°, 326 p. Cambridge Warehouse. 9^f, 40.

MUSGRAVE (J.). — *The Tabor Steam-Engine Indicator*. In-16, 190 p. Manchester, Heywood. Simpkin. 4^f, 40.

Parliamentary. — *Mines. Reports of Inspectors for 1888*. 14 parts. 8^f, 35.

— *Accident at Drakewalls Mine, Gunnislake. Report by Mr. A. E. Pinching*. 0^f, 75.

Potts's Mining Register and Directory for the Coal and Ironstone Trades of Great Britain and Ireland, 1889. In-8°. North Shields, Potts. Simpkin. 7^f, 50.

PRICE (B.). — *Treatise on Analytical Mechanics. Vol. 2 : Dynamics of a Material System*. 2nd ed. In-8°, 720 p. Frowde. 22^f, 50.

RIPPER (V.). — *Steam*. In-8°, 212 p. Longmans. 3^f, 15.

TAIT (P.-G.) and STEELE (W.-J.). — *A Treatise on Dynamics of a Particle. With numerous Examples*. 6th ed., Carefully Revised. In-8°, 412 p. Macmillan. 15 fr.

WHITHAM (J.-M.). — *Steam-Engine Design. For the Use of Mechanical Engineers, Students and Draughtsmen*. 210 Illusts. In-8°, 398 p. Macmillan. 31^f, 25.

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

- COUSINS (R.-H.). — A Theoretical and Practical Treatise on the Strength of Beams and Columns. In-8°. Spons. 26', 25.
- HALDANE (J.-W.-C.). — Civil and Mechanical Engineering Popularly and Socially Considered. 2nd ed. Improved and Enlarged. With 12 Plates. In-8°, 506 p. Spons. 15', 65.
- FINDLAY (G.). — The Working and Management of an English Railway. 2nd ed., Revised and Enlarged. In-8°, 290 p. Whittaker. 9', 40.
- Parliamentary.* — Railway Accidents. Returns, Jan.-March. 1', 15.
- Railways Accidents. Returns, Jan.-June. 1', 25.
- Railways. Continuous Brakes. Returns, Jan.-June. 1', 25.
- Railways. Signal Arrangements. Returns for 1888. 0', 85.
- Railways. Returns for 1888. 1', 15.

6° *Objets divers.*

- DAVIS (C.-T.). — A Practical Treatise on the Manufacture of Bricks, Tiles, Terra-Cotta, etc. 2nd ed. Illust. by 217 Engravings. In-8°, 510 p. Low. 31', 25.
- HUTTON (W.-S.). — Practical Engineer's Handbook. 3rd ed., carefully Revised. With Additions. In-8°, 488 p. Lockwood and Son. 22', 50.
- MAYCOCK (W.-P.). — Practical Notes and Definitions for the Use of Engineering Students and Practical Men, together with the Rules and Regulations to be Observed in Electrical Installation Work as Issued by the Institution of Electrical Engineers and the Phoenix Fire Office. With Diagrams. In-32. Spons. 2', 50.
- RANKINE (W.-J.-M.). — A Manual of Civil Engineering. 17th ed., thoroughly Revised by W. J. Millar. In-8°, 836 p. Griffin. 20 fr.
- Useful Rules and Tables Relating to Mensuration, Engineering Structures and Mechanics. 7th ed., thoroughly Revised by W. J. Millar. With Electrical Engineering Tables, Texts and Formulæ for the Use of Engineers. In-8°, 480 p. Griffin. 13', 15.
- TUNZELMANN (G.-W. de). — Electricity in Modern Life. With Illusts. In-8°, viii-272 p. Walter Scott. 4', 40.
- WALKER (S.-F.). — Electricity in our Homes and Workshops. A

Practical Treatise on Auxiliary Electrical Apparatus. With numerous Illusts. In-8°, 324 p. Whittaker. 6^f,25.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

- American Railway (The) : Its Construction, Development, Management and Appliances. By *T. C. Clarke, L. Bogart, M. N. Forney, Horace Porter* and others. With an Introduction by *T. M. Cooley*. Illust. In-8°, 481 p. New-York. 45 fr.
- CRAIG (T.). — A Treatise on Linear Differential Equations. Vol. 1. Equations with Uniform Co-efficients. In-8°. New-York. 26^f,25.
- FOOTE (A.-R.). — Economic Value of Electric Light and Power. In-12. Cincinnati. 6^f,25.
- JOHNSON (W.-W.). — A Treatise on Ordinary and Partial Differential Equations. In-8°. New-York. 18^f,75.
- O'BRINE (D.). — A Laboratory Guide in Chemical Analysis. 2nd. In-8°. New-York. 10^f,65.
- PEABODY (C.-H.). — Thermo-Dynamics of the Steam-Engine and other Heat Engines. In-8°. New-York. 31^f,25.
- RICHARDS (J.). — A Manual of Machine Construction for Engineers, Draughtsmen and Mechanics, Embracing Examples, Rules, Tables and References. In-16. Philadelphie. 31^f,25.
- THURSTON (R.-H.). — The Development of the Philosophy of the Steam Engine. An Historical Sketch. In-12, v-48 p. New-York. 4^f,40.
- WHITHAM (J.-M.). — Steam Engine Design, for the Use of Mechanical Engineers, Students and Draughtsmen. In-8°. New-York. 37^f,50.

OUVRAGES ALLEMANDS.

1° *Mathématiques pures.*

- BIGLER (U.). — Potential einer elliptischen Walze. Greifswald. Berne, Huber und Co. In-8°, iv-86 p. avec 1 pl. 2^f,50. ((2375)

- DILLMANN (E.). — Die Mathematik, die Fackelträgerin einer neuen Zeit. Stuttgart, Kohlhammer. In-8°, vii-214 p. 3^f,75. (3760)
- DIRICHLET'S, G. LEJEUNE, Werke. Herausgegeben auf Veranlassung der königl. preussischen Akademie der Wissenschaften von L. Kronecker. (2 vol.). Vol. 1. Berlin, G. Reimer. In-4°, x-644 p. av. fig. en photograv. 26^f,25. (4566)
- DINGELDEY (F.). — Ueber einen neuen topologischen Process und die Entstehungsbedingungen einfacher Verbindungen und Knoten in gewissen geschlossenen Flächen. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-8°, 28 p. av. 5 pl. 2 fr. (2946)
- ISRAEL-HOLZWART (K.). — Abhandlungen aus der mathematischen Astronomie. Halle-s.-Saale, Schmidt. In-8°, vi-130 p. 3 fr. (4575)
- KLEYER (A.). — Lehrbuch der Integralrechnung. I: Die Integration von Differentialfunktionen von der allgemeinen Form $f(x) \cdot dx$. I. Thl. Stuttgart, Maier. In-8°, xiv-518 p. 12^f,50. (4143)
- KÖNIGSBERGER (L.). — Lehrbuch der Theorie der Differentialgleichungen mit n unabhängigen Variablen. Leipzig, Teubner. In-8°, xv-485 p. 10 fr. (4579)
- KRUMME (W.). — Der Unterricht in der analytischen Geometrie. Brunswick, Salle. In-8°, xvi-311 p. av. 53 fig. dans le texte. 8^f,15. (3772)
- LASKA (W.). — Lehrbuch der sphärischen und theoretischen Astronomie und der mathematischen Geographie. Stuttgart, Maier. In 8°, xi-280 p. avec 148 fig. et 2 pl. 7^f,50. (4146)
- LIGOWSKI (W.). — Tafeln der Hyperbelfunctionen und der Kreisfunctionen, nebst einem Anhang, enthaltend die Theorie der Hyperbelfunctionen. Berlin, Ernst und Korn. In-8°, xxiv-104 p. 6^f,25. (4148)
- NOETHER (M.). — Zur Theorie der Berührungscurven der ebenen Curve 4. Ordnung. (Extr. des *Abhandl. d. k. bayer. Akad. der Wissenschaften.*) München, Franz. In-4°, 48 p. 1^f,90. (3779)
- STUDY (E.). — Methoden zur Theorie der tertiären Formen. Im Zusammenhang mit Untersuchungen Anderer dargestellt. Leipzig, Teubner. In-8°, xi-210 p. 7^f,50. (3788)
- ZINDLER (K.). — Beiträge zur Theorie der mathematischen Erkenntniss. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-8°, 98 p. av. 4 fig. 2 fr. (4163)
- WEILER (A.). — Neue Behandlung der Parallelprojektionen und der Axonometrie. Leipzig, Teubner. In-8°, vii-210 p. av. 109 fig. 7^f,50. (4595)

2° *Physique. — Chimie.*

- BEHN-ESCHENBURG (H.). — Untersuchungen über das Giltay'sche Eisenelectrodynamometer. Zurich, A. Müller. In-8°, 51 p. 2',50. (3751)
- BENDER (A.). — Das Furfuran und seine Derivate. Berlin, Gaertner. In-8°, VIII-83 p. 5 fr. (2574)
- BISCHOFF (E.). — Ueber die Einwirkung von salpetriger Säure auf Tetramethyldiamidobenzophenon und diesem analoge Körper. Einige Derivate des Desoxybenzoin. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 45 p. 1',25. (3353)
- BRAUN (E.). — Zur Kenntniss der Sulfurane und Aldine. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 46 p. 1',25. (2940)
- CZOGLER (A.). — Dimensionen und absolute Maasse der physikalischen Grössen. Zugleich als Uebungsbuch im C. G. S.-System. Leipzig, Quandt und Händel. In-8°, VIII-151 p. 4',50. (2584)
- DRESSEL (O.). — Ueber Dicarboxylglutarsäureester und seine Verwendbarkeit zur Synthese von dialkylsubstituierten Glutarsäuren und Körpern mit ringförmiger Kohlenstoffbindung. Leipzig, Fock. In-8°, 32 p. 1 fr. (3761)
- ELBS (K.). — Die synthetischen Darstellungsmethoden der Kohlenstoff-Verbindungen. Bd. I. Leipzig, Barth. In-8°, VI-294 p. 9',40. (4136)
- FEITLER (S.). — Ueber die Molekularvolumina einiger Substitutionsprodukte aromatischer Kohlenwasserstoffe. Tübingen, Laupp. In-8°, 58 p. av. 2 pl. 2 fr. (2590)
- FISCHER (H.-L.). — Versuch einer Theorie der Berührungs-Electricität nebst einer Untersuchung über das Wesen der Masse. Wiesbaden, Bergmann. In-8°, IV-26 p. 2 fr. (3763)
- FRITZ (H.). — Die wichtigsten periodischen Erscheinungen der Meteorologie und Kosmologie. (Extr. de l'*Internationale wissenschaftliche Bibliothek*.) Leipzig, Brockhaus. In-8°, XI-428 p. av. 10 fig. et 1 pl. 8',75. (4569)
- Handwörterbuch der Chemie, herausgegeben von *Ladenburg*. Unter Mitwirkung von Ahrens, Berend, Biedermann, etc. Bd. VII. Breslau, Trewendt. In-8°, 617 p. av. fig. 20 fr. (4139)
- Handwörterbuch (neues) der Chemie. Auf Grundlage des von Liebig, Poggendorff und Wöhler, Kolbe und Fehling herausgegebenen Handwörterbuchs der reinen und angewandten Chemie und unter Mitwirkung von Baumann, Bunsen, Fittig, etc. bear-

- beitet und redigirt von *Hm. v. Fehling*. Nach dem Tode des Herausgebers fortgesetzt von *C. Hell*. Livr. 62-64. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°. Bd. V, p. 801-1088, avec fig. Chaque livraison, 3 fr. (3594)
- HORN (F.-M.). — Anleitung zur chemisch-technischen Analyse organischer Stoffe. Vienne, Safar. In-8°, xv-244 p. av. 35 pl. et 32 fig. 6^f,75. (4395)
- JANSSEN (H.). — Zur Kenntniss der Substituierbarkeit der Methylenwasserstoffatome im Benzylcyanid. Göttingen, Vandenhoeck und Ruprecht. In-8°, 48 p. 1^f,25. (2950)
- KAYSER (H.) und C. RUNGE. — Ueber die Spectren der Elemente. 2. Abschn. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. der Wissenschaften*.) Berlin, G. Reimer. In-4°, 45 p., av. 2 pl. 5 fr. (3367)
- KLIMPERT (R.). — Lehrbuch der allgemeinen Physik (die Grundbegriffe und Grundsätze der Physik). Stuttgart, Maier. In-8°, xi-372 p. 10 fr. (4576)
- MAYER (W.). — Ueber die Einwirkung von molecularem Silber auf Monobromisovaleriansäureäthylester. Stuttgart. Tübingen, Fues. In-8°, 68 p. 2 fr. (2601)
- MÜHLHAUSER (O.). — Die Technik der Rosanilinfarbstoffe entwicklungsgeschichtlich dargestellt und für Praxis und Wissenschaft bearbeitet. Stuttgart, Cotta Nachf. In-8°, xii-295 p. avec 10 pl. 30 fr. (2603)
- OSTWALD (W.). — Grundriss der allgemeinen Chemie. Leipzig, Engelmann. In-8°, ix-402 p., av. 58 fig. 10 fr. (4151)
- PHILIP (M.). — Das Pyridin und seine nächsten Derivate. Stuttgart, Metzler. In-8°, 68 p. 3^f,15. (4152)
- PÖHLMANN (R.). — Repetitorium der Chemie für Studierende. II. Thl. Organische Chemie [Chemie der Kohlenstoffverbindungen.] Leipzig, Hirzel. In-8°, viii-215 p. 3^f,75. Complet, 7^f,25. (3782)
- REISSERT (A.). — Das Chinolin und seine Derivate. Brunswick, Vieweg und Sohn. In-8°, ix-228 p. 8^f,15. (3386)
- STEFFEN (W.). — Lehrbuch der reinen und technischen Chemie. Anorganische Experimental-Chemie. Bd. 1: Die Metalloide. Stuttgart, Maier. In-8°, xvi-816 p. av. fig. dans le texte. 20 fr. (4591)
- WITT (O.-N.). — Chemische Homologie und Isomerie in ihrem Einflusse auf Erfindungen aus dem Gebiete der organischen Chemie. Berlin, Mückenberger. In-8°, 96 p. 6^f,25. (2974)
- Tome XVI, 1889. c

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- BAUMHAUER (H.). — Das Reich der Krystalle. Leipzig, Engelmann. In-8°, VIII-364 p., av. 281 fig. 10 fr. (4131)
- BOETTGER (O.). — Die Entwicklung der Pupa-Arten des Mittelrheingebietes in Zeit und Raum. (Extr. des *Jahrbücher des Nassauischen Vereins für Naturkunde.*) Wiesbaden, Bergmann. In-8°, 103 p. av. 2 pl. 3^f,75. (4564)
- BUKOWSKI (G.). — Grundzüge des geologischen Baues der Insel Rhodus. (Extr. des *Sitzungsber. d. k. Akad. der Wissenschaften.*) Vienne, Tempsky. In-8°, 65 p. av. une carte géol. 1^f,75. (3357)
- EHRENBURG (K.). — Die Inselgruppe von Milos. Versuch einer geologischgeographischen Beschreibung der Eilande Milos, Kimolos, Polivos und Erinomilos auf Grund eigener Anschauung. Leipzig, Fock. In-8°, VIII-120 p. av. 2 cartes. 5^f,65. (2585)
- FRAAS (E.). — Die Labyrinthodonten der schwäbischen Trias. (Extr. des *Palæontographica.*) Stuttgart, Schweizerbart. In-8°, av. 17 pl. 50 fr. (3359)
- GOLDSCHMIDT (V.). — Index der Krystallformen der Mineralien. Bd. II. Heft 5. Lanarkit-Lunnit. Berlin, Springer. In-8°, p. 281-234. 3^f,75. (2593)
- HALAVATS (J.). — Die zwei artesischen Brunnen von Höd-Mezö-Vasarhely. (Extr. des *Mittheil. aus dem Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt.*) Budapest, Kilian. In-8°, 24 p. av. 2 pl. 2^f,50. (3363)
- HINTERWALDNER (J.-M.). — Wegweiser für Naturaliensammler. Eine Anleitung zum Sammeln und Conservieren von Thieren, Pflanzeng und Mineralien jeder Art, sowie zur rationellen Anlage und Pflege von Terrarien, Aquarien, Volièren, etc. Vienne, Pichler's Vve und Sohn. In-8°, VIII-663 p. av. fig. 12^f,50. (3365)
- HINTZE (C.). — Handbuch der Mineralogie. Liv. I. Leipzig, Veit und C°. Bd. II, p. 1-160, av. 63 fig. 6^f,25. (2949)
- HOLZAPFEL (E.). — Die Mollusken der Aachener Kreide. II. Abth.: Lamellibranchiata. (Extr. des *Palæontographica.*) Stuttgart, Schweizerbart. In-4°, 130 p. av. 22 pl. 50 fr. (4573)
- KATZEN (F.). — Geologie von Böhmen. I. Abth. Prague, Taussig. In-8°, 320 p. av. fig. et cartes. 9 fr. (2596)
- KLOOS (J.-H.). — Entstehung und Bau der Gebirge, erläutert am geologischen Bau des Harzes. Brunswick, Westermann. In-8°, VII-92 p. av. 21 fig. et 7 pl. 3^f,75. (4144)

- KLOOS (J.-H.) und M. MÜLLER. — Die Hermannshöhle bei Rübeland Geologisch bearbeitet von K., photographisch aufgenommen von M. Text und Atlas. Weimar, Verlag der deutschen Photographen-Zeitung. In-4°, vii-76 p. av. 2 pl. col. et 20 pl. phototyp. 18^f, 75. (4577)
- MARTINI und CHEMNITZ. — Systematisches Conchylien-Cabinet. In Verbindung mit Philippi, L. Pfeiffer, Dunker, etc., neu herausgegeben und vervollständigt von H. C. Küster, nach dessen Tode fortgesetzt von W. Kobelt. Livraisons 366-370. Nürnberg, Bauer und Raspe. In-4°, 149 p. av. 27 pl. color. Chaque livraison 11^f, 25. (2599)
- Sect. 119 et 120. Nürnberg, Bauer und Raspe. In-4°, 64 et 147 p. av. 18 et 16 pl. color. Chaque section 33^f, 75. (2600)
- PANTOCSEK (J.). — Beiträge zur Kenntniss der fossilen Bacillarien Ungarns. II. Thl.: Brackwasser-Bacillen. Anhang: Analyse der marinen Depôts von Bory, Bremia, Nagy-Kürtos in Ungarn: Ananino und Kusnetz in Russland. Nagy-Topolesány. Berlin, Friedländer und Sohn. In-8°, 30 pl. phototyp. av. légendes. 112^f, 50. (3380)
- RAMMELSBERG (C.). — Ueber die chemische Natur der Glimmer. (Extr. des *Abhandl. d. k. preuss. Akad. d. Wissenschaften zu Berlin.*) Berlin, G. Reimer. In-4°, 84 p. 4^f, 40. (2961)
- V. SANDBERGER (F.). — Ueber die Entwicklung der unteren Abtheilung des devonischen Systems in Nassau, verglichen mit jener in andern Ländern. Nebst einem paläontologischen Anhang. (Extr. des *Jahrbücher des Nassauischen Vereins Naturkunde.*) Wiesbaden, Bergmann. In-8°, 107 p. av. 1 tabl. et 5 pl. 6^f, 25. (3784)
- STACHE (G.). — Uebersicht der geologischen Verhältnisse der Küstenländer von Oesterreich-Ungarn. (Extr. de *Die Liburnische Stufe und deren Grenzhorizonte.*) Vienne, Hölder. In-4°, iii-84 p. av. une carte géol. générale. 12^f, 50. (4160)
- STEINRIEDE (F.). — Anleitung zur mineralogischen Bodenanalyse unter Anwendung der neuern petrographischen Untersuchungsmethoden insbesondere zur Bestimmung der abschlämmbaren Teile des Bodens. Leipzig, Engelmann. In-8°, viii-167 p. av. 98 fig. 5 fr. (2966)
- VELENOVSKY (J.). — Die Farne der böhmischen Kreideformation. (Extr. des *Abhandl. d. k. böhm. Gesellschaft der Wissenschaften.*) Prague, Calve. In-4°, 32 p. av. 1 fig. et 6 pl. 3 fr. (4593)
- ZEISE (O.). — Beitrag zur Kenntnis der Ausbreitung, sowie besonders der Bewegungsrichtungen des nordeuropäischen In-

- landeises in diluvialer Zeit. Königsberg, W. Koch. In-8°, 65 p. 1^r, 50. (2973)
- ZITTEL (K.-A.). — Handbuch der Palaeontologie. II. Abth. Palaeophytologie. Bearbeitet von A. Schenk. Liv. 7. München, Oldenbourg. In-8°, p. 573-668 av. 30 fig. 4^r, 50. (4164)

4^e *Mécanique. — Exploitation des mines.*

- BALL (R.-S.). — Theoretische Mechanik starrer Systeme. Herausgegeben von H. Gravelius. Berlin, Reimer. In-8°, viii-619 p. av. 2 pl. 17^r, 50. (4560)
- BACH (C.). — Elasticität und Festigkeit. Die für Technik wichtigsten Sätze und deren erfahrungsmässige Grundlage. Liv. 1. Berlin, Springer. In-8°, 212 p. av. fig. et 10 pl. phototyp. 10 fr. (Paratra en 2 livraisons.) (2936)
- CRAMER (H.). — Beiträge zur Geschichte der Bergbaues in der Provinz Brandenburg. 10. Heft : Kreis Niederbarnim. Halle, Buchhandl. des Waisenhauses. In-8°, v-263 p. (Fin.) 6 fr. (Complet 44^r, 15.) (4795)
- v. HAUER (J.). — Die Wettermaschinen. Leipzig, Felix. In-8°, viii-219 p. av. un atlas de 28 pl. lith. 22^r, 50. (3608)
- KLIMPERT (R.). — Lehrbuch der Dynamik fester Körper (Geodynamik), mit 694 Erklärungen, 400 in den Text gedruckten Figuren und einem ausführlichen Formelnverzeichnis, nebst Sammlung von 500 gelösten und ungelösten analogen Aufgaben, mit den Resultaten der ungelösten Aufgaben. Für das Selbststudium und zum Gebrauch an Lehranstalten, sowie zum Nachschlagen für Fachleute bearbeitet nach System Kleyer. Stuttgart, Maier. In-8°, xiv-704 p. 16^r, 90. (3369)
- Lehrbuch über die Percussion oder den Stoss fester Körper. (Extr. du *Lehrbuch der Dynamik.*) Stuttgart, Maier. In-8°, iv-111 p. av. fig. 3^r, 75. (3370)
- REBBER (W.). — Die Festigkeitslehre und ihre Anwendung auf den Maschinenbau. Mittweida, Polytechn. Buchhandlung. In-8°, viii-360 p. av. 22 pl. autogr. 13^r, 15. (3224)
- VOIGT (W.). — Elementare Mechanik als Einleitung in das Studium der theoretischen Physik. Leipzig, Weitz und C. In-8°, viii-483 p. av. 55 fig. 15 fr. (3789)
- VOLLERT (M.). — Der Braunkohlenbergbau im Oberbergamts-Bezirk Halle und in den angrenzenden Staaten. Nebst einer Uebersichtskarte von den Braunkohlen-Ablagerungen im Ober-

bergamts-Bezirk Halle a/S. Halle-sur-Saale, Pfeffer. In-8°, VIII-402 p. 8',75. (4812)

WEYRAUCH (J.-J.). — Der Entdecker des Princips von der Erhaltung der Energie. Stuttgart, Wittwer. In-8°, 75 p. 1',50. (4596)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

EGER (G.). — Eisenbahnrechtliche Entscheidungen deutscher und österreichischer Gerichte. Zusammengestellt, bearbeitet und herausgegeben. Bd. VII, Heft 1. Berlin, C. Heymann. In-8°, 136 p. (Tome VII complet 12',50.) (4089)

Encyclopädie des gesamten Eisenbahnwesens in alphabetischer Anordnung. Herausgegeben von V. Röhl. I. Bd. Aachen-Düsseldorf-Ruhrorter Eisenbahn bis Betrieb. Vienne, Gerold's Sohn. In-8°, VIII-480 p. av. 207 fig., 8 pl. et 3 cartes. 12',50. (4389)

HEINZERLING (F.). — Der Eisenhochbau der Gegenwart. Heft. 3. Hochbauten mit eisernen Zeltdächern und eisernen Kuppeldächern. Leipzig, Baumgärtner. In-fol., VIII-82 p. av. 269 fig. dans le texte et 8 pl. 22',50. (2827)

HILSE (K.). — Das Unfall-Gefahren-Gesetz in der deutschen Strassenbahn-Betrieben. Wiesbaden, Bergmann. In-8°, XII-331 p. 11',25. (3719)

RIEGELS (G.). — Die Verkehrsgeschichte der deutschen Eisenbahnen mit Einschluss der heutigen Verkehrslage. Elberfeld, Bädeker. In-8°, v-367 p. 3',75. (2930)

ULBRICHT. — Geschichte der königl. sächsischen Staatseisenbahnen. Denkschrift zur Feier der 800jährigen Herrschaft des Hauses Wettin in den sächsischen Landen. Dresde, Warnatz und Lehmann. In-4°, 147 p. av. 4 pl. 8',40. (3345)

6° *Objets divers.*

FREUND (R.). — Das Reichsgesetz betreffend die Invaliditäts- und Altersversicherung vom 22 Juni 1889, erläutert. Berlin, I. I. Heine. In-8°, 223 p. 7',50. (4092)

KREIDEL (W.). — Untersuchungen über den Verlauf der Flutwellen in den Ozeanen. Francfort-sur-le-Mein, Reitz und Köhler. In-8°, VII-44 p. 2',50. (2953)

LAINER (A.). — Lehrbuch der photographischen Chemie und Photochemie. 1. Thl. Anorganische Chemie. Halle-sur-Saale, Knapp. In-8°, VIII-266 p. 7',50. (4803)

- OFFINGER (H.). — Deutsch-englisch-französisch-italienisches technologisches Taschenwörterbuch. Bd. 1. Deutsch voran. Stuttgart, Metzler. In-16°, 175 p. 2',50. (4402)
- REICH (A.). — Die geodätischen Rechnungen and ihre mathematischen Grundlagen mit besonderer Berücksichtigung der neuen Landmesser-Prüfungsordnung für das Königreich Preussen als Einführung in die Vermessungs-Anweisung IX und als Vorschule zu den Werken der höheren Geodaesie. 1. Thl. Vorstudien. Hanau, A. Reich. In-8°, xv-542 p. av. fig. 13',75. (3383)
- ROSIN (H.). — Der Begriff des Betriebsunfalls als Grundlage des Entschädigungsanspruchs nach den Reichsgesetzen über die Unfallversicherung. (Extr. des *Archiv für öffentliches Recht*.) Fribourg-en-Brisgau, Mohr. In-8°, 74 p. 3',75. (4117)
- Statistik des Deutschen Reichs. Herausgegeben vom kaiserl. statistischen Amt. Neue Folge. Bd. XXXVIII. Statistik der Krankenversicherung der Arbeiter im Jahre 1887. Berlin, Puttkammer und Mühlbrecht. In-4°, 167 p. 6',25. (3343)
- STEINACH (H.) und G. BUCHNER. — Die galvanischen Metallniederschläge (Galvanoplastik und Galvanostegie) und deren Ausführung. Berlin, S. Fischer. In-8°, vi-258 p. av. fig. 6',25. (4811)

OUVRAGES ESPAGNOLS

- HERMITE, VIDAL y MOLINA. — Estudios geológicos de las islas Baleares. Mallorca y Menorca par H. Hermite, Ibiza y Formentera por L. M. Vidal y Eug. Molina. Madrid. In-4°, 304 p. av. carte et 3 pl. 30 fr.
- MALLADA (L.). — Sinópsis de las especies fósiles que se han encontrado in España. Tomo III. Madrid. In-4°, 192 p. et 88 pl. 40 fr.

OUVRAGES ITALIENS.

1° *Mathématiques pures.*

- AZZARELLI (M.). — Proprietà di alcune note curve, dimostrate per mezzo della teorica dei limiti: nota. Rome, tip. delle scienze matematiche e fisiche. In-4°, 37 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (6845)
- BIFFIGNANDI (A.). — Rappresentazione geometrica dei numeri irrazionali. Rome, tip. Metastasio. In-8°, 15 p. (Extr. du *Periodico di matematica per l'insegnamento secondario.*) (8856)
- BOCCARDO (E.-C.). — Trattato elementare completo di geometria pratica. Disp. 22-24. Parte II (Topografia). Turin, Unione tipografico-editrice. In-4°, p. 57-152, avec 12 pl. 1',60 la livraison. (6364-6850-11208)
- BORGOGELLI CENTOCROCE MICHELANGELO. — Studio sopra la curva formata dalle proiezioni di un punto sulle tangenti ad un circolo. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 24 p., av. 2 pl. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (6853)
- CAPUZZO (A.). — Soluzione grafica d' un sistema di due equazioni di 1° grado a due incognite. Trévise, tip. Longo. In-8°, 16 p., av. 8 pl. 2 fr. (11209)
- CARRARA BELLINO. — La coincidenza di due metodi d'approssimazione di Newton e Lagrange nelle radici quadrate irrazionali dei numeri interi. Turin, stamp. reale G. B. Paravia e C. In-8°, 30 p. (8858)
- CIANI (E.). — Le linee diametrali delle curve algebriche piane e in particolare i loro assi di simmetria: tesi per l' esame di abilitazione all' insegnamento, presentata alla r. scuola normale superiore di Pisa. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, vij-160 p., av. 4 pl. (7400)
- GATTI (S.). — Del massimo comun divisore e del minimo comun multiplo di due o più numeri. Bari, tip. Cannone. In-8°, 42 p. (7401)
- GUARDUCCI (F.). — Sopra un caso particolare del problema di Pothénot: nota. Rome, tip. G. Civelli. In-8°, 10 p. (Extr. de la *Rivista di topografia e catasto.*) (6369)
- INGRAMI (G.). — Sulle funzioni implicite di una variabile reale:

- nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 13 p. (Extr. du *Rendiconto della r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (6868)
- Sulla rappresentazione analitica per una funzione reale di due variabili reali: nota. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 27 p. (8355)
- INGUANOTTO (A.). — Equivalenze di limiti per successioni a variabile complessa. Recanati, tip. R. Simboli. In-8°, 24 p. (5892)
- LORBER (F.). — Sulla precisione degli strumenti per tracciare angoli retti: memoria. Traduzione libera con aggiunte del prof. V. Gattoni. Rome, tip. G. Civelli. In-8°, 16 p. (Extr. de la *Rivista di topografia e catasto.*) (10353)
- LORENZONI (G.). — Sulla teoria degli errori fortuiti nelle osservazioni dirette. Padova, tip. G. B. Randi. In-8°, 25 p. (Extr. des *Atti e memorie d. r. accad. di scienze, lettere ed arti in Padova.*) (8862)
- MARTONE (M.). — Sulla risoluzione delle equazioni numeriche. Catanzaro, tip. C. Maccarone. In-4°, 39 p. (5894)
- MENEGHELLO-GHIRARDINI (G.-B.). — Di alcune forme approssimate senza logaritmi delle radici di tutti i gradi. Bologne, tip. Azzoguidi. In-8°, 18 p. (7403)
- PEANO (G.). — I principi di geometria logicamente esposti: saggi. Torino, fr. Bocca. In-16, 40 p. 2^f, 50. (11213)
- PEPIN (T.). — Sur une table auxiliaire de Gauss. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 24 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (6876)
- PIAZZA (S.). — Connesso bilineare in uno spazio a quante si vogliono dimensioni. Parme, tip. L. Battei. In-8°, 23 p. (6877)
- PINCHERLE (S.). — Su alcune forme approssimative per la rappresentazione di funzioni: memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 14 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (6878)
- PRINCIVALLE (F.). — Funzioni, equazioni e inequazioni di 1° e 2° grado. Parte I (Funzioni esplicite di una variabile. Equazioni e inequazioni ad un' incognita). Sassari, tip. G. Chiarella. In-8°, 108 p., av. fig. 2 fr. (7904)
- SEGRE CORRADO. — Le corrispondenze univoche nelle curve ellittiche: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 25 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8367)
- SOLDATI (V.). — Tavole tacheometriche in sostituzione alle scale logaritmiche nei calcoli di celerimensura. Vol. I. Terza edi-

- zione riveduta e corretta. Turin, Felice Bardelli et C. In-4°, xvj-413 p. av. fig. (9842)
- VIRGILII (F.). — Introduzione ad una nuova teorica degli errori di osservazione. Venezia, tip. M. Fontana. In-8°, 13 p. (Extr. de l'*Ateneo veneto*.) (8368)

2° *Physique. — Chimie.*

- ALIBRANDI (P.). — Sulle variazioni di temperatura dell' acqua nelle condotture. Rome, tip. Poliglotta della s. c. di propaganda fide. In-8°, 64 p. av. planche. (6843)
- BATTELLI (A.). — Sulle proprietà termiche dei vapori: memoria. Parte I (Studio del vapore d' etere, rispetto alle leggi di Boyle e di Gay-Lussac). Turin, E. Loescher. In-4°, 112 p. av. fig. et 2 pl. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze di Torino*.) (8348)
- CANEVARI (A.). — Terreno agrario e miglioramento delle sue condizioni chimiche. Alexandrie, tip. dell' *Osservatore*. In-16, 102 p. (7506)
- CANTONI (L.). — Appunti chimici sull' asparagina. Milan, Fr. Valardi. In-8°, 15 p. (7895)
- CHIALCHIA (A.). — Difetti dell'idrotimetria nell' analisi delle acque potabili. Rome, tip. Balbi. In-8°, 14 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico*.) (6861)
- COSCERA (N.). — Considerazioni e proposte sulla determinazione dell' anidride carbonica libera nelle acque medicinali naturali contenute in bottiglie: comunicazione fatta alla conferenza scientifica del dì 8 aprile 1889 presso lo spedale militare principale di Firenze. Florence, tip. della pia casa di Patronato. In-8°, 16 p. av. fig. et planche. (Extr. de l'*Orosi*.) (11210)
- DENZA (F.). — La inclinazione magnetica a Torino e nei dintorni: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 17 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino*.) (8351)
- ELTI (G.). — Sulla teoria della propagazione del calore nei cristalli. Gemona, tip. A. Tessitori. In-4°, 22 p. (6366)
- FORMENTO (E.). — Sulla ricerca dei nitrati nei vini. Alba, tip. L. Vertamy. In-8°, 49 p. (Extr. de l'*Annuario della r. stazione enologica d'Asti*.) (8952)
- LEONARDI. — Il vino considerato dal lato chimico-bromatologico: indicazioni analitiche in base all' esperienze eseguite nel laboratorio d' analisi chimica e microscopica dell' autore in Venezia, con una raccolta dei principali documenti concernenti il

- vino, emessi dalla serenissima repubblica dal 1300 in poi, e di leggi sugli alimenti in vigore presso i principali governi d'Europa. Terza edizione. Venise, tip. M. Fontana. In-8°, 93 p. av. fig. (9337)
- L'acqua considerata dal lato chimico-bromatologico: indicazioni analitiche in base all'esperienze eseguite nel laboratorio d'analisi chimica e microscopica dell'autore in Venezia, con un sunto di batteriologia applicata alle acque. Terza edizione. Venise, tip. M. Fontana. In-8°, 71 p. av. fig. (9338)
- LUVINI (J.). — Les taches solaires et les variations du magnétisme terrestre. Turin, imp. J.-B. Paravia et C°. In-8°, 8 p. (Extr. de la *Lumière électrique*.) (5893)
- MOLINARI (E.). — La costituzione dei diazoammidocomposti misti: dissertazione inaugurale presentata all'alta facoltà filosofica dell'università di Basilea (Svizzera) per ottenere il dottorato in chimica. Milan, tip. F. Fantuzzi. In-8°, 32 p. (8356)
- MORELLI (H.). — Mesure de la force électromotrice et de la résistance des piles hydro-électriques. Turin, imp. J.-B. Paravia et C°. In-8°, 6 p. av. fig. (Extr. de la *Lumière électrique*.) (6873)
- Mesure des différences de phase au moyen de l'électromètre à hémicycles. Turin, imp. J.-B. Paravia et C°. In-8°, 6 p. av. fig. (Extr. du même recueil.) (6874)
- PAGLIANI (S.). — Sopra alcune deduzioni della teoria di J.-H. Van't Hoff sull'equilibrio chimico nei sistemi disciolti allo stato diluito: nota. Turin, E. Loescher. In-8°, 43 p. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino*.) (6374)
- PASQUI (G.). — Saggio analitico delle acque potabili, racchiuse nelle pubbliche cisterne del paese di Castelnuovo Berardenga (provincia di Siena). Rome, tip. G. Balbi. In-8°, 2 p. (7406)
- PIZZARELLO (A.). — Un'aggiunta all'opuscolo « Di alcune esperienze [con l'apparato di Mariotte, modificato dal Ròiti e dall'Eccher, ecc.] ». Macerata, tip. Mancini. In-8°, 48 p. (6376)
- Ragguagli sui lavori eseguiti nell'anno xvii, 1888-89 (Laboratorio chimico-agrario di Bologna). Bologne, tip. Monti. In-8°, 80 p. (8034)
- RICCIARDI (L.). — Reazioni caratteristiche degli acidi del fosforo col reattivo bismutico: ricerche. Palermo, tip. dello Statuto. In-4°, 4 p. (7407)
- Sull'analisi delle ceneri dei vegetali: ricerche chimiche. Palermo, tip. dello Statuto. In-8°, 20 p. (7408)
- RIGHI (A.). — Sulle forze elementari elettro-magnetiche ed elettrodinamiche: memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani.

- In-4°, 42 p. (Extr. des *Memorie d. r. accad. dell' istituto di Bologna.*) (10751)
- ROMEGIALLI (A.). — I progressi della chimica industriale dal 1883 al 1889, con una monografia sulla distillazione delle vinacce e del vino: appendice alla *Chimica industriale* del Wagner. Turin, E. Loescher. In-8°, 100 p. av. fig. 3 fr. (10300)
- TEYXEIRA (G.). — Il latte: nota di chimica bromatologica. Rome, tip. Balbi. In-8°, 7 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (7411)
- TROTTARELLI (G.). — Relazione sull' analisi di un' acqua, fatta per incarico del municipio di Montefranco. Terni, tip. M. Ceccarelli. In-8°, 31 p. (7412)
- VITALI (D.). — Sull' azione dell' acido solforico concentrato sui cloruri, bromuri, joduri alcalini in presenza di alcuni sali metallici: memoria. Bologne, tip. Gamberini et Parmeggiani. In-4°, 7 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (6880)
- Alcune osservazioni sul cianuro di mercurio e sulla sua ricerca chimica tossicologica. Bologne, tip. Gamberini et Parmeggiani. In-4°, 15 p. (Extr. du même recueil.) (7413)
- Dell' azione dell' acido fosforico concentrato sui cloruri, bromuri e joduri alcalini in presenza di alcuni sali metallici. Rome, tip. G. Balbi. In-8°, 4 p. (Extr. du *Bollettino farmaceutico.*) (7414)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

- BERTELLI (T.). — Delle vibrazioni sismiche e delle indicazioni sismometriche: osservazioni. Nota I. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 27 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (5886)
- BOMBICCI (L.). — Errata-corrige per un manuale di mineralogia per la recensione di questo, fatta da un professore di università. Bologne, tip. Zamorani-Albertazzi. In-8°, 16 p. (6854)
- BUSATTI (L.). — Sulla sabbia silicea di Tripalle presso Fauglia in provincia di Pisa: comunicazione preventiva. Pise, tip. T. Nistri e C. In-8°, 3 p. (Extr. des *Proc. verb. della soc. toscana di scienze naturali.*) (7894)
- CAPELLINI (G.). — Sul primo uovo di *Aepyornis maximus* arrivato in Italia.: memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-4°, 22 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna.*) (5888)

- CASTRACANE DEGLI ANTELMINELLI (F.). — Il Tripoli africano della valle superiore del Dobi tra Assab e Aussa : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 8 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (6859)
- CENNI (Brevi) relativi alla carta geologica della campagna romana con le regioni limitrofe (Pubblicazione della carta geologica d' Italia, per cura del r. comitato geologico). Rome, tip. Reggiani e soci. In-8°, 23 p. (6365)
- FUCHS (E.). — Rapport sur les gisements métallifères de la vallée Sabbia (Brescia). Brescia, tip. Savoldi. In-4°, 4 p. (Extr. des *Annales des mines.*) (10746)
- LANZI (M.). — Le diatomee fossili della via Aurelia : nota. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 8 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (6870)
- MENME (E. DE). — La pila elicotetraedrica nella combinazione tetraedrica α (441) (210) (542) : studio di cristallografia geometrica. Gènes, tip. Ciminago. In-8°, 12 p. av. pl. (Extr. de l'*Ateneo ligure.*) (6372)
- NICOLIS (E.). — Sopra uno scheletro di teleosteo, scoperto nell' eocene medio di valle d' Avesa. Vérone, tip. G. Franchini. In-8°, 7 p. av. planche. (7405)
- OMBONI (G.). — Rocce e fossili : sunto di alcune lezioni di geologia. Padoue, tip. F. Sacchetto. In-8°, viii-262 p. av. fig. (6875)
- PARONA (C.-F.). — Studio monografico della fauna raibliana di Lombardia : memoria premiata dal r. istituto lombardo di scienze e lettere al concorso ordinario Cagnola. Pavia, tip. fr. Fusi. In-8°, viii-156 p. av. 11 pl. (8358)
- PIOLTI (G.). — Gneis tormalinifero di Villar Focchiardo (val di Susa) : cenni descrittivi. Turin, E. Loescher. In-8°, 12 p. av. planche. (Extr. des *Atti della r. accad. d. scienze di Torino.*) (8360)
- POLLINI (C.). — Sopra alcuni avanzi di pesci fossili terziari, conservati nel museo geologico della r. università di Genova : note. Milan, tip. Lamperti di G. Rozza. In-8°, 96 p. av. pl. (6377)
- PORTIS (A.). — Nuove località fossilifere in Val di Susa : studio. Rome, tip. Nazionale. In-8°, 45 p. (Extr. du *Bollettino del r. comitato geologico.*) (7903)
- Gli ornitoliti del Valdarno Superiore e di alcune altre località plioceniche di Toscana : nota. Florence, tip. Le Monnier. In-8°, 20 p. av. planche. (9786)
- SACCO (F.). — I Cheloni astiani del Piemonte : nota. Turin, E. Loescher. In-4°, 37 p. av. 2 pl. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze di Torino.*) (6384)

- SACCO (F.). — Il seno terziario di Moncalvo: studio geologico. Turin, E. Loescher. In-8°, 16 p. av. planche. (Ext. du même recueil.) (7409)
- SANTELLI (E.). — Rapport sur le bassin carbonifère miocénique de l'Acqua Nera, Sassofortino e Carpella (Roccastrada-Grosseto). Milan, tip. Pietro Agnelli. In-4°, 31 p. (8365)
- Rapport sur le bassin anthraxifère de la Thuile en vallée d'Aoste, province de Turin (Italie). Ivree, impr. Laurent Garde. In-4°, III-27 p. (10303)
- SERPIERI (A.). — Scritti di sismologia, novamente raccolti e pubblicati da G. Giovannozzi. Parte II (I terremoti del 18 marzo 1875 e del 28 luglio 1883). Florence, tip. Calasanziana. In-8°, vij-232 p. 3 fr. (6382)
- TOMMASI (A.). — Sul lembo cretaceo di Vernasso nel Friuli. Udine, tip. Seitz. In-8°, 13 p. (Ext. des *Annali del r. istituto tecnico di Udine.*) (7908)
- TONI (F.). — Raccolta di minerali e di rocce eruttive e stratigrafiche: relazione in proseguimento della memoria intorno alla collezione geologica, ecc., pubblicata dall' accademia nel 1888 (Accademia spoletina, anno 1889: studi vari, parte II). Foligno, s. tip. In-8°, 106 p. (9790)
- TUCCIMEI (G.). — Sulle formazioni littorali plioceniche, addossate alle falde dell' Appennino Sabino. Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 3 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (7910)

4° *Mécanique. — Exploitation des mines.*

- BOSSI (A.). — Relazione sulle cave di pietre litografiche nel piacentino e proposte inerenti alla loro attivazione. Milan, tip. degli Ingegneri. In-4°, 6 p. (5925)
- ENRIETTI (G.). — La meccanica alla esposizione universale di Parigi 1889: appunti di un operaio. Turin, tip. Industriale. In-8°, 52 p. av. fig. (10397)
- FORNERIS (A.). — Il promemoria del tornitore, o serie di tavole per trovare con grandissima facilità le combinazioni delle ruote dentate, occorrenti per eseguire sul torno qualunque dato passo di vite, ad uso dei direttori, capi-operai e operai di stabilimenti meccanici. Seconda edizione. Turin, stamp. G.-B. Paravia e C. In-16°, viij-134 p. 2 fr. (8953)
- MAZZUOLI (L.). — Sui combustibili fossili importati in Italia: monografia (Ministero di agricoltura, industria e commercio:

direzione generale dell' agricoltura). Rome, tip. Botta. In-8°, 130 p. av. planche. (Extr. des *Annali di agricoltura*.) 1^a, 25.

(9890)

MOCENIGO (A.-G.). — Il primo impulso. Milan, fr. Dumolard. In-8°, 96 p. (9783)

RAZZABONI (C.). — Risultato di esperienze idrometriche sopra tubi addizionali conici divergenti: seconda memoria. Bologne, tip. Gamberini e Parmeggiani. In-8°, 12 p. (Extr. des *Memorie della r. accad. d. scienze dell' istituto di Bologna*.) (6378)

Rivista del servizio minerario nel 1887 (Ministero di agricoltura, industria e commercio: direzione generale dell' agricoltura). Florence, tip. G. Barbèra. In-8°, cxxiiij-366 p. av. 15 pl. (Extr. des *Annali di agricoltura*.) (6496)

Società miniere Lanusei: relazioni del consiglio amministrativo e dell' ing. G. B. Traverso, direttore in Sardegna, per l' esercizio 1888-89 all' assemblea del 9 agosto 1889. Gènes, tip. A. Grandis. In-8°, 24 p. (8045)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

BIANCHI (G.). — Condizioni caratteristiche per l' impianto e l' esercizio utile di un tramway a vapore: relazione all' assemblea generale dell' unione internazionale permanente dei tramways da tenersi in Milano il 29, 30 e 31 agosto 1889. Milan, tip. Galli e Raimondi. In-8°, 23 p. (9835)

Costruzione ed esercizio delle strade ferrate e delle tramvie: norme pratiche dettate da un' eletta di ingegneri specialisti. Livr. 23-32. Turin, Unione tipografico-editrice. In-4°, p. 59, 1-32, 49-72, 105-128, 1-32, 129-156, 73-104, 65-96, 33-64, av. 16 pl. Chaque livraison, 2 fr. (6114, 6930, 8417, 10352, 11249)

CRUGNOLA (G.). — Dizionario tecnico di ingegneria e di architettura nelle lingue italiana, francese, inglese e tedesca, compresi le scienze, arti e mestieri affini. Parte I, disp. 27. Turin, A. F. Negro. In-8°, p. 225-272. (8905)

DOMINICIS (L.-T. DE). — Venti anni in ferrovia, ossia il personale ferroviario ed il pubblico nei rapporti colle società esercenti le ferrovie del regno dopo le convenzioni. Naples, tip. Bideri. In-16, 170 p. 1^a, 50. (5928)

OTTAVI (P.). — Progetto per la ventilazione delle lunghe gallerie. Rome, tip. G. Civelli. In-16°, 17 p. (Extr. du *Giornale dei lavori pubblici e delle strade ferrate*.) (6123)

Relazione sulle costruzioni e sull' esercizio delle strade ferrate

- italiane per gli anni 1885-1886-1887. Volume I: Introduzione e costruzioni. Volume II: Lavori e provviste a carico dello stato per le linee in esercizio delle reti ferroviarie mediterranea, adriatica e sicula (Ministero dei lavori pubblici: r. ispettorato generale delle strade ferrate). Rome, tip. eredi Botta. In-4°, 2 vol., clvj-509 p.; xvj-538 p. (9841)
- ROSSI (A.). — Controllo sulla applicazione delle tariffe ferroviarie: tariffe e condizioni. Bergamo, tip. fr. Bolis. In-16°, 35 p. (7462)
- ROSSI (T.). — Gallerie, pozzi e cunicoli: nozioni teorico-pratiche per la loro costruzione, raccolte ad uso degli ingegneri, geometri, assistenti ed impresari. Turin, tip. Camilla e Bertolero. In-8°, xv-189 p. av. fig. et 12 pl. 7 fr. (6940)
- Sistema (II) di tramway elettrico in serie. Rome, tip. Forzani e C. In-16° obl., 27 p. (10358)
- Società italiana delle strade ferrate meridionali (società anonima), residente in Firenze; esercizio della rete adriatica: statistica dell' esercizio, anno 1888. Florence, tip. G. Civelli. In-4°, 221 p. (11252)

6° *Objets divers.*

- BONA (G. DELLA). — La statica e la dinamica nello studio dei fenomeni sociali. Udine, tip. G. Seitz. In-8°, 16 p. (Extr. des *Annali del r. istituto tecnico di Udine.*) (8262)
- CAVANI (F.). — La geometria pratica nelle operazioni catastali: lezioni svolte nella r. scuola d' applicazione per gli ingegneri di Bologna. Bologne, tip. N. Zanichelli. In-8°, xv-455 p. av. 5 pl. 9 fr. (8902)
- CEREBOTANI (L.). — L' autotelemeteorografo (meteorometro autotelegrafico). Rome, tip. delle Scienze matematiche e fisiche. In-4°, 4 p. (Extr. des *Atti dell' accad. pontif. de' Nuovi Lincei.*) (6860)
- CONTI (T.). — Le responsabilità dei padroni sugli infortuni del lavoro. Palermo, tip. Virzi. In-8°, 54 p. (7300)
- FERRINI (R.). — Manuale di telegrafia. Milan, U. Hoepli. In-16, vj-318 p. av. fig. (7899)
- Livellazione geometrica di precisione. Fasc. I: Perimetro chiuso (livellato a doppio) Genova-Spinetta-Alessandria-Moncalieri-Cuneo-Savona-Genova e linea (livellata a doppio) Savona-Ventimiglia, Ponte S. Luigi, frontiera francese (Istituto geografico militare). Florence, tip. G. Barbèra. In-4°, 66 p. avec fig. (11250)

- MAJORANA CALATABIANO (G.). — Teoria della statistica. Rome, E. Loescher e C. In-8°, 208 p. 3 fr. (7316)
- Movimento commerciale del regno d' Italia nell' anno 1888 (Ministero delle finanze: direzione generale delle gabelle). Rome, tip. Botta. In-4°, xj-663 p. (8466)
- ROSSI (G.). — La matematica applicata alla teoria della ricchezza sociale: studi bibliografici, storici e critici. Volume I, fasc. I. Reggio Emilia, tip. degli Artigianelli. In-8°, p. xxiiij, 1-80, avec 4 pl. (8268)
-

ANNALES DES MINES

NOTE

SUR

L'EXPLOSION D'UNE CHAUDIÈRE A VAPEUR DANS UN HOTEL A HARTFORD (ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE)

Par M. C. WALCKENAER, ingénieur des mines.

Le 18 février 1889, à 4 heures 50 minutes du matin, la ville de Hartford (Connecticut) était mise en émoi par un bruit formidable, entendu à plusieurs milles dans la campagne environnante. L'hôtel du Parc Central s'effondrait. C'était un édifice à quatre étages, élevé à l'angle de *High street* et d'*Allyn street*, et présentant 17 mètres de développement sur la première de ces rues, et 31 mètres sur la seconde. Isolé sur ses quatre faces, il était construit à peu près entièrement en briques; ses murs de façade avaient 0^m,40 d'épaisseur; un mur de refend longitudinal, qui le partageait parallèlement à la façade sur *Allyn street* en deux travées légèrement inégales,

donnait un appui central aux solives de ses planchers. La ruine fut complète (*), sauf pour l'extrémité la plus éloignée de *High street*, où une partie correspondant à 9 ou 10 mètres de la façade sur *Allyn street* demeura debout, montrant aux divers étages les appartements éventrés.

Aux maisons du voisinage, les vitres furent brisées, des lézardes se firent dans les murs. Parmi les décombres fumants, car un incendie aggravé par des fuites de gaz d'éclairage s'était déclaré parmi les ruines, on ne trouva pas moins de vingt-trois morts et dix blessés. Quatre ou six personnes, qui se trouvaient toutes ou presque toutes dans la partie épargnée, furent seules, parmi les habitants de l'hôtel, retirées saines et sauvées.

La cause de ce désastre était l'explosion d'une chaudière à vapeur installée dans le sous-sol de l'hôtel.

Je dois à la gracieuse obligeance de M. Egleston, professeur-doyen de l'École des mines de Columbia College, à New-York, et ancien élève de l'École des mines de Paris, la communication de divers articles publiés à ce sujet dans les journaux de Hartford et dans le recueil *La Locomotive* (**), et d'une série de dix photographies représentant les parties intéressantes du générateur rompu. C'est dans ces documents que j'ai puisé les éléments de cette *Note*.

Description de la chaudière. — La chaudière était ho-

(*) Il faut dire d'ailleurs que la construction laissait très fortement à désirer. Le mortier était de qualité défectueuse et en quantité insuffisante, les parements extérieurs des murs de façade sur rues étaient seuls en briques dures; les maçonneries présentaient des défauts de liaison. L'édifice avait mauvaise réputation au point de vue de la solidité.

(**) Publication de la *Hartford Steam boiler inspection and insurance Co.* La chaudière de l'hôtel du Parc Central n'était d'ailleurs pas de celles visitées par les soins de cette compagnie.

rizontale semi-tubulaire. Elle consistait en un corps cylindrique de 1^m,37 de diamètre et 4^m,57 de longueur, que terminaient à ses extrémités deux plaques recevant 58 tubes à fumée de 0^m,076 de diamètre. Le corps cylindrique était formé de trois viroles en tôle de fer d'un peu moins de 8 millimètres d'épaisseur, portant la marque *Bay state refined*, et offrant une résistance à la rupture de 33 kilogrammes et demi par millimètre carré; les rivures longitudinales étaient à recouvrement avec double rangée de rivets. Les plaques tubulaires, embouties sur leur pourtour, étaient en fer de 9 millimètres et demi; chacune d'elles était raidie, au-dessus de la région des tubes, par cinq cornières horizontalement étagées sur sa face interne; des tirants, assemblés au nombre de deux avec l'ensemble des deux cornières supérieures, et au nombre de quatre avec l'ensemble des deux cornières inférieures, reliaient cette plaque renforcée aux tôles du corps cylindrique.

La virole du milieu portait à sa partie supérieure deux ouvertures d'inégale grandeur, toutes deux pourvues de piètements qui leur servaient de cadre extérieur : l'une, elliptique, de 0^m,42 sur 0^m,32, était à usage de trou d'homme, et son cadre recevait un couvercle maintenu par 12 boulons; l'autre, circulaire, de 0^m,22 de diamètre, servait de base à la prise de vapeur et en même temps à la soupape de sûreté.

La virole d'avant se prolongeait en avant de la plaque tubulaire correspondante, de manière à constituer la paroi circulaire d'une boîte à fumée.

La chaudière était installée dans un fourneau de briques, au-dessus d'un foyer dont les gaz, après leur premier parcours sous le corps cylindrique, faisaient retour par les tubes, pour déboucher ensuite dans la boîte à fumée.

Le foyer était muni d'une devanture métallique à dou-

ble paroi, avec lame d'eau interposée, en communication avec la chaudière par des tuyaux extérieurs.

Les appareils de sûreté consistaient en un tube indicateur du niveau de l'eau, trois robinets-jauges, un bouchon fusible placé à l'arrière, à 0^m,05 au-dessus de la rangée supérieure des tubes, un manomètre système Bourdon, enfin une soupape unique, de 76 millimètres de diamètre, à portée conique, chargée par un poids sphérique suspendu à un levier.

Ce générateur était placé dans le sous-sol de l'hôtel, dans la travée comprise entre le mur de façade sur *Allyn street* et le mur de refend, son axe parallèle à ces deux murs; accoté d'ailleurs au mur de refend, et de telle manière que ce mur même faisait partie intégrante du fourneau. La devanture du massif était distante d'environ 3 mètres du mur de façade sur *High street*.

Age, pressions d'épreuve et de marche. — Construit vers le milieu de 1883, par MM. Pitkin frères, de Hartford, ce générateur avait été éprouvé par eux, au moyen de la presse hydraulique, sous une pression de 10 kilogrammes et demi. Jusqu'en août 1888, la pression de marche autorisée par le service officiel d'inspection des chaudières à vapeur avait été 4^{kg},2. A cette époque, le directeur de l'hôtel ayant désiré élever ce maximum en vue des besoins de l'éclairage électrique, l'inspecteur avait soumis la chaudière à un essai à la presse, sous une pression de 8^{kg},4, l'avait examinée et trouvée en bon état dans toutes ses parties, et il avait autorisé la marche sous une pression de 5 kilogrammes un quart.

La position du poids de la soupape sur son levier avait été réglée en conséquence; car le levier était assez long pour que le reculement extrême du poids correspondit à une pression de 7 kilogrammes. Mais l'inspecteur avait déterminé, par une expérience faite au moyen de la

pompe d'épreuve, la position que devait occuper le poids pour que la levée eût lieu à 5 kilogrammes un quart.

Conditions de fonctionnement. — Le générateur servait :

1° A chauffer l'hôtel; la vapeur destinée à cet usage était détendue à un peu moins d'un demi-kilogramme par un détendeur Curtis, et l'eau condensée faisait retour à la chaudière au moyen d'un appareil Pratt et Cady;

2° A actionner les machines de l'éclairage électrique, de l'ascenseur et de la blanchisserie de l'hôtel;

3° A fournir de la vapeur pour les usages de la cuisine.

Un mécanicien et un aide-mécanicien l'avaient alternativement en charge; ils se partageaient le service par périodes de douze heures.

Toutefois, il y avait deux nuits par semaine où, de minuit à six heures du matin pour l'une, de minuit à cinq heures du matin pour l'autre, les deux mécaniciens étaient absents simultanément; pendant ce temps, l'on comptait sur un domestique de l'hôtel pour surveiller le foyer et s'assurer que tout demeurait en bonne condition.

Circonstances de l'accident. — L'explosion eut lieu pendant une de ces nuits d'absence des deux mécaniciens. A minuit, l'aide-mécanicien, qui avait été de service durant l'après-midi et la soirée précédentes, avait arrêté la machine, ouvert la distribution de gaz pour éclairer l'hôtel pendant le reste de la nuit; puis après avoir (déclare-t-il) couvert le feu, fermé le registre, alimenté, enfin vérifié que la pression baissait et que le manomètre marquait 4^{kg},2, il était parti, laissant dans un local voisin de la chaufferie, du côté de l'arrière de la chaudière, un jeune homme auquel il avait permis de dormir là. Cet hôte fut trouvé au nombre des morts, dans le local où il avait été laissé; le corps d'un autre jeune homme, qui avait probablement aussi cherché un asile

pour la nuit au voisinage de la chaudière, fut découvert près de l'avant de celle-ci.

D'après les déclarations de plusieurs personnes qui se trouvaient dans l'annexe de l'hôtel, bâtiment séparé, sis du côté le plus éloigné de *High street*, aucun bruit perceptible de cette annexe ne précéda l'explosion. Celle-ci fut inopinée, et eut une telle violence, qu'un *policeman*, qui se trouvait à ce moment dans *High street*, à 100 mètres de l'hôtel, a raconté qu'il avait vu la construction comme soulevée en l'air.

L'origine de la fragmentation du corps cylindrique paraît avoir été une déchirure dirigée suivant la génératrice supérieure de la virole du milieu, à travers le trou d'homme qui affaiblissait cette virole et dont le cadre, autour duquel la tôle s'était arrachée et qui avait probablement été brisé, n'a pas été retrouvé. Cette déchirure longitudinale s'étendait depuis l'arrière de la virole jusqu'à la rivure du piétement de prise de vapeur, le long de laquelle elle se bifurquait.

La virole du milieu s'était entièrement déroulée, en s'abattant sur l'autel, dont la rencontre violente l'avait crevassée transversalement. Les autres lignes de déchirure du corps cylindrique étaient pour la plupart en pleine tôle.

Les plaques tubulaires s'étaient séparées du corps de chaudière : celle d'arrière en se rompant circulairement suivant l'embouti de son pourtour ; celle d'avant, par suite d'une rupture circulaire affectant la virole du corps cylindrique, et séparant la partie de cette virole qui faisait partie de la chaudière proprement dite, de son prolongement qui formait paroi de boîte à fumée. Cette rupture circulaire s'étendait entre rivets le long de la clouure d'attache de la plaque. Les plaques tubulaires, qui avaient été lancées aux deux extrémités opposées de la chambre de chauffe, s'étaient, de plus, séparées chacune en deux morceaux suivant la ligne supérieure des trous d'insér-

tion des tubes ; le morceau inférieur de celle d'avant avait emporté avec lui la presque totalité de la paroi circulaire de boîte à fumée.

Les tubes étaient dispersés, et pas un d'entre eux n'était resté inséré dans l'une ni dans l'autre des plaques tubulaires. Les tirants, dont le rôle avait été de relier la partie supérieure de chacune de ces deux plaques aux tôles du corps cylindrique, avaient été en partie rompus dans leurs tiges, en partie arrachés à leurs attaches.

Cause de l'explosion. — L'énormité des effets dynamiques, le mode de rupture qui vient d'être décrit, l'absence de traces de surchauffe des tôles, et, par surcroît, cette circonstance que l'on retrouva le bouchon fusible intact et en bon état, démontrent surabondamment que l'explosion prit naissance alors que le générateur était pourvu d'eau.

Maintenant, la déchirure ayant pris naissance le long d'une génératrice affaiblie par l'ouverture du trou d'homme, l'explosion n'a-t-elle pas été la simple conséquence de l'affaiblissement de cette partie ? Elle présentait, d'après le rédacteur de *La Locomotive*, un léger amincissement trahissant la fatigue du métal. Toutefois, les personnes mêlées à l'enquête ne paraissent pas avoir envisagé la possibilité de l'explosion sous la seule influence de cette cause ; elles ont toutes admis qu'il y avait dû avoir grand excès de pression. Le manomètre fut retrouvé forcé, paraît-il, et d'une question posée à un témoin par un juge de la *Police Court*, il résulte que son aiguille aurait été trouvée marquant, en l'absence de toute pression, 14^{1/2}, 8. Ce qui surprend, c'est que le rapport du *Coroner* ne fait pas mention de cette circonstance si importante.

La cause d'une élévation anormale de pression est facile à imaginer, soit que l'aide-mécanicien n'ait pas

convenablement couvert le feu ou fermé le registre, soit que ce dernier ait été rouvert postérieurement à son départ, par le domestique de nuit ou par les jeunes gens qui séjournaient au voisinage du générateur. De plus, les enquêteurs ont admis que la soupape avait été paralysée dans son fonctionnement, parce qu'autrement, étant admis qu'un grand excès de pression a été nécessaire pour déterminer la déchirure initiale, on aurait tout au moins entendu au préalable un bruit violent d'échappement de vapeur, ainsi qu'il était précédemment arrivé à plusieurs reprises vers le matin, notamment une fois où le soulèvement de la soupape avait jeté une alarme considérable parmi les voyageurs de l'hôtel.

Il est vrai que la soupape, lorsqu'elle fut retrouvée parmi les ruines, paraissait libre dans son fonctionnement, mais ce n'est pas une preuve qu'elle n'ait pas été, étant en place, surchargée ou paralysée. Un ouvrier qui avait été employé dans l'établissement comme aide-mécanicien pendant une douzaine de jours en décembre 1887, et congédié ensuite, déposa que, pendant ces quelques jours, il avait trouvé six fois la soupape paralysée lorsqu'il arrivait le matin pour prendre son service à la chaudière; et qu'ayant eu à ce sujet une dispute avec le mécanicien, celui-ci lui avait dit qu'il muselait la soupape pour que les habitants de l'hôtel ne fussent pas dérangés, mais qu'au surplus ce n'était pas son affaire. La physionomie générale de l'interrogatoire a rendu suspecte, il faut le dire, la véracité de ce témoignage; mais quoi qu'il en soit, il est certain qu'il s'était parfois produit des échappements de vapeur entendus de l'hôtel et même de l'annexe, et que les hommes de la chaufferie ayant intérêt à éviter ces incidents, dont l'un avait autrefois attiré au mécanicien les reproches du propriétaire, la supposition du calage de la soupape n'a rien d'in vraisemblable.

Ces considérations ont paru assez probantes au *Coroner* pour qu'il ait conclu en ces termes contre les deux mécaniciens Thuer et Risley :

« Considérant que la chaudière, lors de l'inspection, n'avait montré aucune partie faible; qu'il n'y a point eu manque d'eau; que le générateur et ses accessoires étaient en bon état d'entretien; que Thuer et Risley étaient seuls responsables du fonctionnement de l'appareil; que cette explosion n'aurait pas eu lieu si la soupape n'eût été immobilisée de propos délibéré; qu'il s'attachait à son immobilisation un intérêt, celui de ne pas importuner les habitants de l'hôtel, et que les personnes intéressées à ce résultat étaient exclusivement Thuer et Risley: pour ces motifs, je dois conclure que l'explosion a eu pour cause la négligence intentionnelle d'Alexandre Thuer et d'Amos-E. Risley; et que lesdits Alexandre Thuer et Amos-E. Risley ont, le 18 février 1889, à Hartford, causé par cette négligence intentionnelle, la mort des personnes suivantes, savoir (suit la liste des 23 victimes de l'explosion) ».

Il est impossible, pour qui n'a pas été mêlé à l'enquête et ne possède que les informations ci-dessus résumées, de discuter cette conclusion: faisons remarquer cependant qu'elle ne paraît reposer que sur des inductions morales; on n'y voit apparaître aucune preuve directe du calage de la soupape ni de la surpression présumée; le seul indice positif à cet égard aurait été le manomètre forcé, circonstance qui n'est pas mentionnée par le *Coroner*. Le corps cylindrique, supposé sans ouverture latérale et indéfiniment long, travaillait à l'éclatement suivant les génératrices sous un effort de $4^k,5$ par millimètre carré pour la pression de $5^k,25$; mais il était percé d'un trou d'homme mesurant $0^m,42 \times 0^m,32$. Quelle était la solidité, quel était l'état du cadre des-

tiné à compenser l'affaiblissement de cette ouverture? Les renseignements ne disent qu'une chose, c'est qu'il n'a pas été retrouvé après l'accident. Mais le mode de fragmentation de la chaudière a démontré que la déchirure avait commencé au trou d'homme. Il semble permis de se demander si l'explosion n'a pas eu surtout pour cause la fatigue de cette partie du générateur.

COMMISSION D'ÉTUDE DE L'EMPLOI DES EXPLOSIFS
DANS LES MINES A GRISOU

ESSAIS PRATIQUES

FAITS DANS QUELQUES EXPLOITATIONS DE MINES

SUR DIVERS EXPLOSIFS INDIQUÉS PAR LA COMMISSION
DES SUBSTANCES EXPLOSIVES

RÉSUMÉ DES RAPPORTS ADRESSÉS A LA COMMISSION

Par M. MALLARD, inspecteur général des mines.

Les *Annales des mines* ont publié récemment le compte rendu des recherches faites par la Commission des substances explosives, sur l'emploi des explosifs en présence du grisou. La Commission est arrivée, on se le rappelle, à des conclusions qu'on peut résumer comme il suit :

1° Pour qu'un explosif, dont la détonation est due à l'onde explosive, soit inoffensif en présence du grisou, il n'est pas nécessaire que la température de détonation en soit inférieure à la température d'inflammation du grisou. Il est seulement nécessaire, quoique *non suffisant*, que la température de détonation soit inférieure à 2200 degrés. Le degré de sécurité est d'autant plus grand que la température de détonation descend davantage au-dessous de ce chiffre; il paraît satisfaisant lorsqu'elle atteint 15 à 1600 degrés.

2° On peut calculer avec une approximation suffisante la température de détonation d'un explosif, c'est-à-dire la température à laquelle la détonation porte les produits de

la décomposition, lorsqu'on connaît l'équation chimique qui règle la décomposition, ainsi que la quantité de chaleur dégagée qui lui correspond ; et lorsqu'on admet que les chaleurs spécifiques gazeuses varient avec la température suivant les lois indiquées par MM. Mallard et Le Chatelier.

3° Les explosifs auxquels on peut s'adresser dans l'état actuel de nos connaissances, pour être employés dans les mines à grisou, sont des mélanges au moins binaires. L'une des substances a pour rôle de diminuer la température de détonation ; comme il importe, au point de vue de l'effet utile, que cette substance soit elle-même un explosif, on est conduit à s'adresser à l'azotate d'ammoniaque dont la température de détonation est à peine supérieure à 1000 degrés.

Ces principes généraux établis, la Commission avait expérimenté un certain nombre de mélanges explosifs qui satisfaisaient aux conditions reconnues comme nécessaires à la sécurité, et elle avait exprimé le désir que ces mélanges fussent expérimentés dans quelques mines au point de vue de l'emploi pratique. L'Administration des poudres, avec l'intelligente libéralité qu'elle n'a cessé de montrer dans tout le cours de ces recherches, a immédiatement déféré à ce vœu, et deux envois successifs ont été faits par elle aux directeurs des exploitations des mines de houille d'Anzin, de Firminy, de Blanzy et de Ronchamp, qui avaient bien voulu se charger des expériences demandées par la Commission.

Le premier de ces envois, fait dans le courant de septembre 1888, comprenait 10 kilogrammes de chacun des mélanges suivants :

- 1° 30 pour 100 de dynamite (à 25 pour 100 de silice, et 70 p. 100 d'azotate d'ammoniaque ;
- 2° 10 pour 100 de binitrobenzine et 90 pour 100 d'azotate d'ammoniaque ;
- 3° 15 pour 100 de coton-poudre octonitrique et 85 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.

Le second envoi eut lieu dans le courant de janvier 1889 et comprenait 15 kilogrammes de chacun des mélanges suivants :

- 1° 20 pour 100 d'azotate cuproammonique et 80 pour 100 d'azotate d'ammoniaque ;
- 2° 70 pour 100 d'azotate cuproammonique et 30 pour 100 d'azotate d'ammoniaque ;
- 3° 5 pour 100 de naphthaline et 95 p. 100 d'azotate d'ammoniaque ;
- 4° 20 pour 100 de dynamite (à 25 pour 100 de silice) et 80 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.

Tous ces explosifs étaient en cartouches de 50 et de 100 grammes, protégées par une double enveloppe de papier paraffiné. Les exploitants qui avaient bien voulu se charger des essais étaient priés de comparer les résultats obtenus par l'emploi des nouveaux explosifs, soit au rocher, soit à la houille, à ceux qu'on obtient avec la dynamite et avec la poudre, tant au point de vue de la masse abattue qu'au point de vue de l'état de la houille abattue.

Les rapports adressés à la Commission par les mines qui avaient bien voulu se charger des essais sont imprimés plus loin *in extenso*. On a cru qu'il ne serait pas inutile de les faire précéder d'une courte note faisant connaître sommairement les principaux résultats signalés.

I. — *Mélanges à base de naphthaline et d'azotate cuproammonique.*

Le mélange composé de 5 p. 100 naphthaline et 95 p. 100 d'azotate d'ammoniaque s'est montré d'une aptitude à la détonation décidément insuffisante. Il en a été de même du mélange contenant 20 p. 100 d'azotate cuproammonique et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

Le mélange contenant 70 p. 100 d'azotate cuproammonique et 30 p. 100 d'azotate d'ammoniaque a donné quelques ratés ; on a surtout exprimé la crainte que les vapeurs cuivreuses dégagées par la détonation présentent des inconvénients au point de vue de la santé des ouvriers.

II. — *Mélanges à base de nitroglycérine.*

Les mélanges à base de dynamite ont été considérés partout comme présentant une aptitude à la détonation très satisfaisante ; aucun raté n'a été signalé, et la détonation a été obtenue, pour le mélange 20 dyn.-80 azot.

avec des capsules contenant 0^{re},75 de fulminate ou avec des capsules dites *extra-fortes* de la Société générale.

La puissance explosive de ces mélanges, comparée à celle de la dynamite-gomme et de la dynamite n° 1, a été appréciée comme le montre le tableau suivant :

	ANZIN		FIRMINY	BLANZY	RONCHAMP
	Essais dans des blocs de plomb	Essais au rocher	Essais au charbon	Essais au rocher	Essais au rocher
Dynamite-gomme . . .	100	100	100	100	100
Dynamite n° 1	81,2	"	"	67	(80,0)
30 dyn., 70 azot.	54,8	75	57	76	77,6
20 dyn., 80 azot.	51,9	64,8	42,5	50	36,8

Les essais faits à Anzin dans des blocs de plomb étaient exécutés, suivant un mode bien connu, en plaçant 10 grammes d'explosif, recouverts par une bourre en sable de 5 centimètres de hauteur, dans des cavités cylindriques creusées au milieu d'un bloc de plomb. On mesurait, après l'explosion, le volume qu'avait pris la cavité, volume qui reste bien constant pour une même substance, quand on opère dans les mêmes conditions.

Les rapports des volumes ainsi mesurés pour différents explosifs, peuvent être considérés comme donnant les rapports des forces explosives.

Quant aux essais faits sur le rocher même, le mode d'opérer, à Anzin, à Firminy et à Blanzy, comme on le verra dans les rapports ci-joints, a consisté à tirer des coups de mine avec les nouveaux explosifs et à estimer quelle charge de dynamite-gomme, par exemple, on aurait été obligé d'employer pour produire le même résultat. Il est clair que, même en supposant les choses au mieux, on ne pourrait ainsi arriver à quelque exactitude qu'après un nombre d'épreuves très considérable.

A Ronchamp on a employé un procédé qui paraît au

premier abord plus rigoureux. Au front de taille d'une même galerie au rocher, on employait successivement les nouveaux explosifs et la dynamite n° 1. Pour chacun d'eux on notait la charge employée et le cube de rocher abattu; on pouvait ainsi comparer, pour chaque substance, le rapport du cube du déblais au poids de la charge. Malheureusement ce mode d'opérer ne serait exact que si, pour chaque substance, on était sûr d'avoir proportionné la charge à la résistance de manière à obtenir le maximum d'effet utile. Dans les expériences faites avec le mélange 20 dyn.-80 azot. par exemple, on opérait dans un rocher exceptionnellement dur, et, les trous de mine étant percés de la même façon, on les chargeait de poids sensiblement égaux, les uns du mélange en question et de dynamite n° 1. L'explosif le plus faible se trouvait alors sans doute mal employé et l'effet utile constaté fut inférieur à celui qu'on eût probablement observé si, toutes choses égales, on eût augmenté dans une proportion convenable la charge du mélange dyn.-azot. C'est ainsi qu'il faut vraisemblablement expliquer le chiffre très faible observé à Ronchamp pour la force explosive du mélange 20 dyn.-80 azot. comparée à celle de la dynamite n° 1. Par contre, la force explosive du mélange 30 dyn.-70 azot., constatée dans une roche très facile, peut avoir été estimée trop haut.

Dans cette incertitude, il conviendrait peut-être de s'en tenir provisoirement aux résultats déduits des essais dans des blocs de plomb, qui donnent aux deux mélanges, comme cela est vraisemblable, une force explosive peu différente, égale à un peu plus de la moitié de celle de la dynamite-gomme, aux deux tiers de celle de la dynamite n° 1, soit au double de celle de la poudre noire comprimée.

Quant à l'emploi pratique de ces mélanges de dynamite et d'azotate d'ammoniaque, les quatre rapports sont unanimes pour déclarer qu'il ne rencontrera aucune

difficulté. Les deux mélanges ne présentant d'ailleurs qu'une différence assez faible au point de vue de la force explosive, c'est celui qui présente le maximum de sécurité, c'est-à-dire qui contient 20 dynamite et 80 d'azotate qu'il conviendrait d'adopter au moins dans les travaux à la houille, qui sont les plus dangereux.

La production de fumées désagréables a été signalée, à Blanzy, à Ronchamp, à Firminy. Dans cette dernière mine, on a trouvé l'explication de ce phénomène. Les fumées tenaient à la paraffine dont les deux enveloppes de papier de la cartouche étaient imprégnées; elles ont disparu lorsqu'on a enlevé l'enveloppe extérieure et gratté la paraffine adhérente à l'enveloppe intérieure.

On a enfin signalé à Firminy certains inconvénients provenant manifestement de la fabrication nécessairement assez imparfaite des cartouches essayées. Une fabrication industrielle les supprimerait vraisemblablement.

Au reste, on n'est pas réduit à de simples hypothèses, et l'emploi des mélanges de nitroglycérine et d'azotate d'ammoniaque a été faite à Anzin sur une échelle déjà assez grande.

On trouvera plus loin (page 90), sur ce sujet, un rapport très intéressant qu'a bien voulu nous transmettre M. François, qui dirige à Anzin les travaux du fond. La Commission avait signalé (page 150 du Rapport) l'intérêt qu'il y aurait à supprimer du mélange la silice, matière inerte. On a, à Anzin, employé un mélange de 12 p. 100 de nitroglycérine, légèrement gélatinisée, et de 88 p. 100 d'azotate d'ammoniaque. D'après les calculs faits à Anzin, sur le modèle de ceux qui ont été indiqués par la Commission, la température de détonation de ce mélange serait de 1.500 degrés environ, c'est-à-dire sensiblement identique à celle du mélange de 20 p. 100 de dynamite et de 80 p. 100 d'azotate. On a l'avantage d'avoir une substance plus plastique et un peu plus dense (1,04 au

lieu de 0,94). La puissance explosive est plus grande, et a été considérée par les ingénieurs d'Anzin, à la suite de leurs expériences, comme égale à 111, celle de la dynamite n° 1 étant 100, et celle de la dynamite gomme, 185. La substance détone aisément sous l'influence d'une capsule contenant 0^{re},75 de fulminate.

Le prix réclamé pour 1 kilogramme par la Société générale des explosifs est de 4',25. Le prix actuel de la dynamite-gomme est de 6 francs, soit 4 francs, impôt déduit. L'azotate d'ammoniaque ne coûte pas 1 franc le kilogramme; en le comptant à ce chiffre, le prix de revient de 1 kilogramme du mélange serait de 1',36, soit 3',36, impôt compris.

On a déjà employé à Anzin 2.000 kilogrammes de cette substance et on s'en montre satisfait dans les travaux d'élargissement de voie; on n'emploie pas, à Anzin, d'explosif pour l'abatage de la houille.

Dans les travaux au rocher, pour lesquels le mélange 12/88 nitroglycérine-azotate est considéré comme un peu faible, on songe à le remplacer par des mélanges contenant 20 à 30 p. 100 de nitroglycérine gélatinisée.

Nous donnons encore, à la suite du rapport d'Anzin, une note qu'a bien voulu nous adresser, sur notre demande, le directeur des mines de Liévin (Pas-de-Calais), M. Viala. On y emploie, sous le nom de grisoutines A et B, des mélanges fournis par la Société générale des dynamites et qui paraissent être l'un, le mélange 20/80 dynamite-azotate, l'autre, le mélange 12/88 nitroglycérine-azotate, sans qu'on ait pu obtenir, paraît-il, de la société, le dosage exact de ces mélanges.

Nous signalerons, à ce propos, les graves inconvénients qui résultent de la mise dans le commerce de mélanges explosifs revêtus de noms de fantaisie, sans qu'il soit possible à l'exploitant d'en connaître ni la composition ni le dosage. Dans ces conditions, l'identité de la

substance n'étant nullement garantie par le nom, les expériences, même les plus prolongées, perdent toute utilité, puisqu'on ne sait pas exactement sur quelle matière elles ont été faites. A défaut d'une disposition réglementaire impérative qui nous semble nécessaire, les exploitants de mine devraient *exiger* des fabricants le dosage exact des explosifs qui leur sont fournis.

Quoiqu'il en soit, aucune des deux substances précitées n'a enflammé un mélange gazeux contenant 10 p. 100 de *gaz d'éclairage* et d'air, en détonant, *sans bourrage*, au fond d'un trou percé dans un bloc d'acier; l'inflammation n'a eu lieu que lorsque le mélange gazeux contenait 12 p. 100 de gaz d'éclairage. Ces résultats doivent, à notre avis, être considérés comme très satisfaisants, si l'on fait réflexion que les mélanges d'air et de gaz d'éclairage sont plus inflammables que ceux d'air et de grisou, et que la détonation d'une cartouche, au fond d'un trou de mine, sans aucun bourrage, paraît à peu près impossible, sans la volonté expresse de l'ouvrier.

On a trouvé que les nouveaux explosifs sont d'un emploi facile et donnent des fumées qui ne sont pas désagréables.

III. — *Mélanges contenant soit du coton-poudre soit de la binitrobenzine.*

Les mélanges contenant, l'un 15 p. de coton octonitrique et 85 p. d'azotate d'ammoniaque et l'autre 10 p. de binitrobenzine et 90 p. d'azotate d'ammoniaque, ont été très diversement appréciés au point de vue de l'aptitude à la détonation.

A Ronchamp, on ne signale point de ratés, bien que l'on se servit seulement de capsules, dites extra-fortes, de la Société générale.

A Anzin, où l'on se servait de capsules renforcées tenant 1^{er},50 de fulminate, on n'a obtenu qu'un seul raté avec le mélange 10/90 binitrobenzine-azot.

A Firminy, où l'on se servait des mêmes capsules, il s'est

produit 1 raté sur 34 coups avec le mélange 15/85 coton, et 2 ratés sur 21 coups avec le mélange 10/90 binitro.

A Blanzzy, même en employant des amorces tenant 2 et 3 grammes de fulminate, on n'est pas parvenu à produire d'une manière certaine l'explosion de la charge.

Nous n'insisterons pas d'ailleurs sur les résultats donnés par ces deux mélanges explosifs, car des essais nouveaux vont être entrepris (*) sur des cartouches, fabriquées à la poudrière de Sevran-Livry avec les perfectionnements qu'ont suggérés les essais que nous venons d'analyser et dont on trouvera plus loin le compte rendu détaillé. Les résultats de ces nouveaux essais seront publiés dans ces *Annales*.

IV. — Cordeau détonant.

On emploie actuellement, pour les usages de la guerre des cordeaux, dits détonants, formés d'un tube plus ou moins souple, en plomb, en étain, en gutta-percha, etc., qui contient dans son axe un explosif brisant coton-poudre, dynamite, etc. Ces cordeaux peuvent transmettre l'explosion avec une vitesse réellement prodigieuse. M. Berthelot (**), à la suite d'expériences faites par la Commission des substances explosives, donne en effet la vitesse moyenne de 5.200 mètres par seconde comme représentant la vitesse avec laquelle l'onde explosive se propage dans un cordeau détonant en plomb de 1 millimètre environ de diamètre intérieur, rempli de coton-poudre comprimé.

On peut se servir de ces cordeaux détonants pour faire partir les trous de mine en plongeant dans la cartouche une des extrémités et en coiffant l'extrémité restée libre par une amorce spéciale ouverte aux deux bouts ; dans le bout qui reste ouvert se place la mèche de sûreté.

(*) Voir ci-dessous page 94.

(**) *Comptes rendus de l'Ac. des sciences*. — C. 314 (9 février 1885).

Les avantages sont assez grands : d'une part le bourrage se fait avec plus de sécurité ; de l'autre on peut tirer avec une simultanéité pratiquement parfaite plusieurs cartouches à la fois. Il suffit de brancher sur le cordeau principal, un autre bout de cordeau, en les entaillant l'un et l'autre au point de contact, de manière à mettre à nu l'explosif ; on assure le contact en liant les deux cordes par une ficelle.

Il avait été transmis à chaque mine 200 mètres d'un cordeau formé de coton-poudre comprimé dans un tube en étain.

A Anzin, on a trouvé l'engin peu pratique et sans intérêt. L'appréciation de Firminy a été un peu moins défavorable. M. Mathet seul, à Blanzv, a jugé que, pour le tirage de coups nombreux simultanés, dans les carrières à remblai principalement, les cordes détonants pourraient être d'un emploi avantageux. Nous n'avons pas reçu, sur ce point, de réponse de Ronchamp.

NOTE ADDITIONNELLE.

Depuis que le manuscrit a été remis à l'imprimerie, nous avons reçu une note de M. François, directeur des travaux d'Anzin, rendant compte des essais faits sur des mélanges tenant, l'un 10 binitrobenzine — 90 azot.-amm. et l'autre 10 coton octonitrique et 90 azot.-amm. Ces explosifs avaient été fabriqués avec soin à la poudrerie de Sevrans-Livry et envoyés, pour essai, à divers exploitants de mine. Le mélange à base de binitrobenzine doit être prochainement, à ce qu'on assure, livré au commerce par la société qui possède les brevets Favier. Quant au mélange à base de coton, l'administration des poudres a annoncé qu'elle le mettait, dès maintenant, à la disposition des mineurs, au prix de 4 francs le kilogramme.

On verra plus loin la note de M. François. Il dit qu'on a été satisfait des cartouches fabriquées à Sevrans.

M. François revient, dans cette note, sur les mélanges formés de nitroglycérine gélatinisée et d'azotate d'ammoniaque, qui sont maintenant employés couramment dans les mines grisouteuses d'Anzin et dont on a déjà consommé plus de 20.000 kilogrammes. On emploie trois dosages, contenant respectivement 12, 20 et 30 p. 100 de nitroglycérine gélatinisée ; les températures de détonation correspondantes sont, en nombre ronds, 1.500, 1.600 et 1.900 degrés ; les puissances explosives ont été respectivement évaluées à 111, 118, 122, celle de la dynamite n° 1 étant 100. Les deux premiers mélanges, surtout le premier, pourraient être employés de préférence dans les travaux au charbon, et le troisième dans les travaux au rocher.

PREMIERE SÉRIE D'ESSAIS.

I. — COMPAGNIE DES MINES D'ANZIN.

Rapport sur les essais pratiques des mélanges explosifs
envoyés par la poudrerie de Sevrans-Livry.

Expériences préliminaires. — Avant de faire les essais pratiques demandés par la Commission des substances explosives, on a d'abord fait quelques expériences préliminaires pour se rendre compte de la force explosive de chacun des trois mélanges à essayer. A cet effet, on a fait détoner 10 grammes de chacun des explosifs dans des cubes de plomb de 200 millimètres de côté. Ces cubes étaient percés d'un trou cylindrique de 12 millimètres de diamètre sur 120 millimètres de profondeur suivant l'axe vertical. Les explosifs étaient bourrés soigneusement dans le trou; au-dessus on plaçait la capsule contenant 1^{re} 5 de fulminate, puis on remplissait le trou avec du sable fin bien sec.

On a répété plusieurs fois ces expériences sur les mélanges explosifs de la Commission et sur la dynamite-gomme et la dynamite n° 1, et, après ces essais multipliés, on a dressé le tableau suivant des puissances de ces explosifs, en admettant que les volumes des cavités produites sont proportionnels à la puissance des dits explosifs, celle de la dynamite-gomme étant comptée 100.

NOMS DES EXPLOSIFS ESSAYÉS	LONGUEUR du bourrage	VOLUME avant l'explosion	VOLUME après l'explosion	PUISSANCE des explosifs
	mm.	cm ³	cm ³	
Dynamite-gomme de la Société générale	50	13,5	369,25	100,00
10 p. 100 de binitrobenz., 90 p. 100 d'azot. d'ammon.	30	13,5	240,17	65,04
30 — de dynamite, 70 — — — — —	30	13,5	204,00	55,25
15 — de coton-poudre, 85 — — — — —	10	13,5	197,17	53,40
Dynamite n° 1 de la Société générale	50	13,5	296,17	80,21

On a pensé que la hauteur du bourrage au-dessus de la charge de poudre pouvait avoir une certaine influence sur les résultats, car pour la dynamite-gomme et la dynamite n° 1, où il y avait 50 millimètres de bourrage, l'excavation avait la forme donnée par la *fig. 1*, Pl. I, tandis que les autres explosifs, où il y avait moins de bourrage, donnaient des excavations analogues à celle de la *fig. 2*. On voit que l'orifice de sortie des gaz n'est pas le même dans les deux cas et on peut supposer, pour les mélanges de la Commission, que les gaz se sont échappés avant d'avoir employé toute leur force explosive à produire l'excavation.

On a fait alors d'autres expériences en augmentant la hauteur des cubes de plomb, de manière à avoir 50 millimètres de bourrage au-dessus de la charge, en réunissant toutes les mêmes conditions que dans les expériences précédentes.

Les excavations produites ont été toutes semblables à celle de la *fig. 1*, mais on n'a trouvé une augmentation sérieuse de volume que pour le mélange de coton-poudre et d'azotate d'ammoniaque.

NOMS DES EXPLOSIFS ESSAYÉS	LONGUEUR des trous	LONGUEUR du bourrage	VOLUME avant l'explosion	VOLUME après l'explosion	PUISSANCE des explosifs
	mm.	mm.	cm ³	cm ³	
Dynamite-gomme de la Société générale . . .	120	50	13,50	369,25	100,00
10 p. 100 de binitrobenz., 90 p. 100 d'az. d'amm.	140	50	15,75	230,00	68,29
30 — de dynamite. 70 — —	140	50	15,75	202,50	54,84
15 — de cot.-poudre, 85 — —	160	50	18,00	262,50	71,09
Dynamite n° 1 de la Société générale	120	50	13,50	296,17	81,21

Ces résultats étant bien connus, on a fait les essais pratiques suivants sur l'abatage du charbon et des roches.

COMPARAISON AVEC LA POUDRE NOIRE.

Essais des explosifs de la Commission dans le charbon. — Les mineurs n'emploient plus d'explosifs pour l'abatage du charbon dans les mines grisouteuses d'Anzin; néanmoins, on a fait les deux séries d'expériences suivantes, qui résument la plupart des cas que l'on rencontre dans la pratique. Toutes ces expériences ont été faites à la fosse Renard, dans la veine Hen-

riette qui a 60 centimètres d'épaisseur. Dans la première série, on a fait jouer des mines *ab* (*fig. 3*) de 1^m,20 de longueur, dirigées suivant le coupement des tailles. Les hachures indiquent les plans de clivage. Ces mines devaient faire le coupement de la taille et donner le prisme de charbon *a*, *b*, *c*. On a fait jouer plusieurs mines absolument pareilles avec de la poudre noire comprimée et avec les trois mélanges explosifs à essayer, et on a trouvé que, pour produire le même effet, il fallait en poids :

Poudre noire comprimée	500 ^{gr}
Mélange de dynamite et d'azotate d'ammoniaque . . .	300
— de binitrobenzine — . . .	250
— de coton-poudre — . . .	250

où la puissance relative de ces explosifs pour un même poids serait, celle de la poudre noire étant comptée 100 :

Poudre noire comprimée	100
Dynamite et azotate d'ammoniaque	166 2/3
Binitrobenzine —	200
Coton-poudre —	200

Dans tous les cas, que ce prisme de charbon soit enlevé à la main, avec la poudre noire ou avec les autres explosifs, le charbon est toujours très menu.

Dans la deuxième série d'expériences, on a fait jouer des mines *ab* (*fig. 4*) de 1 mètre de profondeur, destinées à abattre le morceau de charbon *abcd*. Toutes les mines étaient placées dans les mêmes conditions. La poudre noire était enflammée également avec une capsule contenant 1^{gr},5 de fulminate.

En comparant les résultats obtenus, la puissance relative des explosifs pour un même poids serait, celle de la poudre noire étant comptée 100 :

Poudre noire comprimée	100
Dynamite et azotate d'ammoniaque	166 2/3
Binitrobenzine —	166 2/3
Coton-poudre —	200

Le mélange de binitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque donne la même proportion de gros que la poudre noire. Les deux autres explosifs donnent davantage de menu, environ 12 p. 100. Dans une de ces mines, chargée de binitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque, la capsule de fulminate a fait explosion sans faire détoner l'explosif.

COMPARAISON AVEC LA DYNAMITE-GOMME.

Essais des explosifs de la Commission dans les roches. — Le premier, qui peut être considéré comme le plus important, était de voir comment se comporteraient ces explosifs dans le creusement des voies de roulage des couches minces dans les fosses grisouteuses.

On emploie la dynamite pour ce travail aux mines d'Anzin. La figure 5, Pl. I, indique la disposition de ce travail. On fore une mine de 1^m,20 au mur de la voie à creuser, et cette mine a généralement 1 mètre de terrain à enlever dans le cas où l'on exploite une veine de 60 centimètres.

On a fait jouer plusieurs mines dans les mêmes conditions avec de la dynamite-gomme et avec les trois explosifs à essayer, et voici les résultats trouvés pour la force explosive pour un même poids, celle de la dynamite-gomme étant comptée 100 :

Dynamite-gomme de la Société générale.	100
Binitrobenzine et azotate d'ammoniaque.	80
Dynamite —	75
Coton-poudre —	72

Ces explosifs réduisent les roches en plus petits morceaux que la dynamite-gomme, ce qui est préférable.

On a essayé également les explosifs de la Commission dans les bowettes à la perforation mécanique et on a obtenu de bons résultats, comparables, comme puissance explosive, à ceux obtenus pour le creusement des voies, tant que la charge n'a pas dépassé 400 grammes.

On ne peut expliquer ce fait que de la manière suivante : une mine chargée, par exemple, du mélange le moins volumineux (binitrobenzine et azotate d'ammoniaque) occupe 70 centimètres de longueur du trou de mine, tandis que la charge correspondante de dynamite-gomme n'occupe que 30 centimètres. Dans les terrains durs, qui exigent de fortes charges, il est évident que la charge qui occupera une longueur moindre du trou de mine cassera le terrain plus profondément qu'une charge d'égale puissance d'une autre poudre qui occuperait une plus grande longueur du trou. C'est ce qui a été constaté plusieurs fois là où les mines chargées à la dynamite-gomme cassaient le terrain jusqu'au fond du trou, les charges d'égale puissance des explosifs de la Commission cassaient seulement le terrain à 20 ou

30 centimètres du trou, quand on dépassait 350 ou 400 grammes.

Enfin on a fait détoner chacun des trois explosifs dans des mines bourrées à l'eau. On prenait une cartouche de dynamite-gomme pour faire l'amorce. Les effets produits étaient comparables à ceux obtenus avec les autres bourrages.

D'une manière générale, on peut dire que les fumées sont moins mauvaises que celles produites par la dynamite-gomme.

CONCLUSIONS.

En résumé, les essais ont été très satisfaisants. C'est le mélange de 10 p. 100 de binitrobenzine et 90 p. 100 d'azotate d'ammoniaque qui donne le meilleur résultat pour les mines fortement chargées, ce qui s'explique aisément si l'on veut se reporter à la théorie précédente et remarquer que cet explosif est le moins volumineux. Le mélange de coton-poudre et d'azotate d'ammoniaque, qui a donné les meilleurs résultats dans les deuxièmes essais au plomb, reprend sa supériorité pour les mines faiblement chargées, et c'est ce que l'on a trouvé pour les expériences au charbon de la deuxième série, où toutes les mines étaient faiblement chargées. C'est ce mélange qui est le plus volumineux.

Pour les mines exigeant des charges supérieures à 400 grammes, on aura toujours intérêt à se servir de la dynamite-gomme, dont l'emploi sera ainsi toujours justifié dans les bowettes à la perforation mécanique et dans les avaleresses. Les nouveaux explosifs remplaceront avantageusement la dynamite-gomme, la dynamite n° 1 et la poudre noire, pour l'abatage du charbon et les autres travaux au rocher, particulièrement pour le creusement des voies dans les fosses grisouteuses.

La cartouche de 50 grammes a une longueur de 150 millimètres pour le mélange de coton-poudre et d'azotate d'ammoniaque, 125 millimètres pour le mélange de dynamite et d'azotate d'ammoniaque, 110 millimètres pour le mélange de binitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque, tandis que les cartouches de 100 grammes des différentes dynamites n'ont que 120 millimètres de longueur.

Certainement, les résultats donnés par ces explosifs pourraient être améliorés si l'on pouvait les avoir comprimés sous de faibles volumes.

Les deux tiers devraient être livrés en cartouches de 100 grammes

30 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

de 30 millimètres de diamètre, et le reste en cartouche de 50 grammes.

Au bout d'un mois, les poudres étaient encore très sèches dans les cartouches et en parfait état.

Cordeau détonant. — Le cordeau détonant pèse 100 grammes le mètre courant, dont 10 grammes environ de coton-poudre. En faisant explosion, le tube d'étain est réduit en miettes; il ne pourrait servir que pour faire détoner simultanément plusieurs mines. Or, il faut un temps très long et beaucoup d'adresse pour prendre des embranchements sur le cordeau qui est relié à la mèche de sûreté et, dans les essais que nous avons faits, on a toujours eu au moins une mine de ratée sur quatre mines à faire jouer.

Avec l'électricité, on peut faire jouer plusieurs mines simultanément d'une façon plus rapide et plus économique.

12 octobre 1888.

Procès-verbal des expériences faites sur les explosifs envoyés par la poudrerie de Sevran-Livry.

COMPARAISON AVEC LA DYNAMITE-GOMME.

Les essais principaux ont été faits dans le creusement des voies des veines Zoé et Le Bret, à la fosse Renard, de manière que toutes les mines soient aussi semblables que possible. Dans toutes les notes ci-dessous, on donnera la hauteur de terrain au-dessus de la mine, AB (*fig. 6*, Pl. 1), et la longueur du trou de mine CD, ainsi que la longueur EF, qui pourra renseigner sur la ligne de cassure DF.

1° Essais sur le mélange de 10 p. 100 de binitrobenzine et 90 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

(Dans toutes les expériences, on a employé des capsules contenant 1^{er},50 de fulminate.)

1^{re} expérience. — 3^e voie Zoé. — Couchant.
Hauteur AB = 1^m; longueur CD = 1^m,16.

On a chargé 10 cartouches de 50 grammes, soit 500 grammes. La mine a bien joué; les morceaux ne sont pas trop gros et sont faciles à placer dans la taille; fumées âcres prenant à la gorge.

Longueur EF = 1^m,60. On aurait mis 5 cartouches de 85 grammes, soit 425 grammes, de dynamite-gomme pour faire le même travail.

2^e expérience. — 5^e voie Zoé. — Couchant.

Hauteur AB = 1^m,10; longueur CD = 1^m,15.

On a chargé 10 cartouches de 50 grammes, soit 500 grammes. La mine a bien joué; les morceaux sont plus gros et quelques-uns devront être cassés pour être placés dans la taille. Longueur EF = 1^m,70. On aurait employé 5 cartouches de dynamite-gomme de 85 grammes, soit 425 grammes, pour produire le même effet. Les fumées ont paru moins mauvaises.

3^e expérience. — 9^e voie Le Bret. — Couchant.

Hauteur AB = 0^m,80; longueur CD = 1^m,18.

On a chargé 5 cartouches de 50 grammes, soit 250 grammes. La mine a bien joué et a donné de gros morceaux, comme la dynamite-gomme; fumées ordinaires, moins mauvaises que celles de la gomme. Longueur EF = 1^m,50. On aurait employé 2 cartouches de 85 grammes, soit 170 grammes, de dynamite-gomme.

4^e expérience. — 10^e voie Le Bret. — Couchant.

Hauteur AB = 0^m,70; — longueur CD = 1^m,18.

On a chargé 5 cartouches de 50 grammes, soit 250 grammes. La mine a bien joué; elle était trop chargée, les morceaux sont petits et ont été projetés; fumées ordinaires. Longueur EF = 1^m,80. On aurait employé 2 cartouches de 85 grammes, soit 170 grammes, de dynamite-gomme, pour produire un effet semblable.

5^e expérience. — 2^e voie Zoé. — Couchant.

Hauteur AB = 1^m; longueur CD = 1^m,20.

On a placé 8 cartouches de 50 grammes, soit 400 grammes. La mine a bien joué; fumées ordinaires. Longueur EF = 1^m,80. On aurait placé 4 cartouches de 85 grammes, soit 340 grammes de dynamite-gomme.

Dans ces cinq expériences, on a employé 38 cartouches, soit 1.900 grammes du nouvel explosif, pour produire le même effet que 18 cartouches de 85 grammes, soit 1.530 grammes, de dynamite-gomme, d'où la conclusion que la puissance du nouvel explosif, pour un même poids, est de $\frac{18 \times 85}{38 \times 50} = 80$ p. 100 de la puissance de la dynamite-gomme.

*2° Essais sur le mélange de 30 p. 100 de dynamite n° 1
et de 70 p. 10 d'azotate d'ammoniaque.*

1^{re} expérience. — 3^e voie Zoé. — Couchant.
Hauteur AB = 0^m,88, longueur CD = 1^m,15.

On a placé 7 cartouches, soit 350 grammes. La mine a bien joué; il y a beaucoup de petits morceaux; les fumées ne paraissent pas acides. Longueur EF = 2 mètres. On aurait employé 3 cartouches de 85 grammes, soit 255 grammes, de dynamite-gomme.

2^e expérience. — 6^e voie Zoé. — Couchant.
Hauteur AB = 1^m, longueur CD = 1^m,12.

On a placé 8 cartouches, soit 400 grammes. La mine a bien joué; les morceaux sont assez gros, sans qu'on ait besoin de les casser; fumées ordinaires. Longueur EF = 1^m,80. On aurait employé 4 cartouches, soit 340 grammes, de dynamite-gomme pour produire le même effet.

3^e expérience. — 7^e voie Zoé. — Couchant.
Hauteur AB = 1^m; longueur CD = 1^m,26.

On a placé 10 cartouches, soit 500 grammes. La mine a bien joué et a donné beaucoup de petits morceaux; fumées ordinaires. Longueur EF = 1^m,80. On aurait employé 4 cartouches, soit 340 grammes, de dynamite-gomme.

4^e expérience. — 8^e voie Zoé. — Couchant.
Hauteur AB = 1^m; longueur CD = 1^m,18.

On a placé 9 cartouches, soit 450 grammes. La mine a bien joué et a donné assez de petits morceaux; fumées ordinaires. Longueur EF = 1^m,70. On aurait employé 4 cartouches, soit 340 grammes, de dynamite-gomme.

De ces quatre expériences, il résulte que 34 cartouches de l'explosif essayé ont donné le même résultat que 15, soit 1.275 grammes, de dynamite-gomme, et l'on peut déduire que la puissance de cet explosif, pour un même poids, est de $\frac{15 \times 85}{34 \times 50}$ de la puissance de la dynamite-gomme.

3° Essais sur le mélange explosif de 15 p. 100 de coton-poudre et de 85 p. 10 d'azotate d'ammoniaque.

1^{re} expérience. — 11^e voie Le Bret. — Couchant.

Hauteur $AB = 0^m,65$; longueur $CD = 1^m,10$.

On a placé 5 cartouches, soit 250 grammes. La mine a bien joué et a donné des morceaux ordinaires. Les fumées ressemblent à celles du premier explosif essayé et sont moins mauvaises que celles de la dynamite-gomme. Longueur $EF = 1^m,60$. On aurait employé 2 cartouches, soit 170 grammes, de dynamite-gomme.

2^e expérience. — 12^e voie Le Bret. — Couchant.

Hauteur $AB = 0^m,73$; longueur $CD = 1^m,15$.

On a placé 7 cartouches, soit 350 grammes. La mine a bien joué et a donné beaucoup de petits morceaux projetés assez loin. Longueur $EF = 1^m,65$. On aurait employé 3 cartouches, soit 255 grammes, de dynamite-gomme.

3^e expérience. — 13^e voie Le Bret. — Couchant.

Hauteur $AB = 0^m,60$; longueur $CD = 1^m,05$.

On a placé 4 cartouches, soit 200 grammes. La mine a bien joué et a donné des petits morceaux. Longueur $EF = 1^m,50$. On aurait employé 2 cartouches, soit 170 grammes, de dynamite-gomme.

4^e expérience. — 6^e voie Zoé. — Couchant.

Hauteur $AB = 1^m,20$; longueur $CD = 1^m,18$.

On a placé 10 cartouches, soit 500 grammes. La mine a bien joué et a donné beaucoup de petits morceaux. Longueur $EF = 1^m,70$. On aurait employé 4 cartouches, soit 340 grammes, de dynamite-gomme.

De ces expériences, on peut conclure, comme pour les autres mélanges que la puissance explosive, pour un même poids, est $\frac{11 \times 85}{26 \times 50} = 72$ p. 100 de la puissance explosive de la dynamite-gomme.

4° Essais dans les bowettes à la perforation mécanique.

Après avoir fait sauter les mines d'empiétage 1, 2, 3 (*fig. 7*) avec la dynamite-gomme, on a fait jouer les mines 4, 5, 6, 7, 8 et 9 avec les mélanges explosifs. Les mines avaient $1^m,20$ de longueur.

34 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

Les bancs de schiste étaient horizontaux ; il y avait seulement 50 centimètres d'épaisseur de grès-houilles au toit. Connaissant les résultats des expériences ci-dessus et aussi les charges de dynamite-gomme qu'auraient exigées ces mines, on a calculé les charges de chacun de ces explosifs pour les différentes mines, et on a obtenu les mêmes résultats qu'avec la dynamite-gomme. Les expériences ont été faites deux fois avec chaque explosif.

C'est en faisant ces expériences qu'on a remarqué que, lorsque la charge dépassait 400 grammes, généralement la roche n'était pas cassée jusqu'au fond du trou de mine et que cette partie du trou de mine inutilisée augmentait d'autant plus que la charge était plus forte. Quelquefois même, il est matériellement impossible de se servir de ces explosifs : par exemple, une mine de 1 mètre, qui exigerait 10 cartouches, soit 500 grammes, de coton-poudre et d'azotate, ne pourrait employer cet explosif parce que la charge occuperait toute la longueur du trou, il n'y aurait plus de place pour le bourrage.

En quelque sorte, dans ces expériences, on a vérifié les coefficients trouvés dans les premières expériences.

COMPARAISON AVEC LA POUDRE NOIRE COMPRIMÉE.

On a fait deux séries d'expériences dans la veine Henriette, à la fosse Renard ; cette veine a 55 centimètres d'épaisseur. Dans la première série, on faisait jouer des mines AB (*fig. 8*, Pl. I) dirigées suivant la voie au sommet de la taille ; ces mines devaient faire le coupement et donner le petit prisme de charbon DBC. Pour ces expériences, on donnera la longueur de la mine AB. Dans la deuxième série, on faisait jouer des mines EF (*fig. 9*), destinées à abattre le prisme de charbon EFGH. Pour les expériences de cette série, on donnera la longueur de la mine EF, la distance EH et le volume du charbon abattu.

1° Essais sur le mélange de 10 p. 100 de binitrobenzine et 90 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

1^{re} expérience. — Longueur AB = 1^m, 20.

On a placé 5 cartouches, soit 250 grammes. La mine a bien joué ; la base AC du prisme avait 60 centimètres ; il aurait fallu 10 cartouches de 50 grammes, soit 500 grammes, de poudre noire comprimée pour produire le même travail.

2^e expérience. — Longueur AB = 1^m,10.

On a placé 4 cartouches, soit 200 grammes. La mine a bien joué et, pour produire le même travail, on aurait employé 8 cartouches, soit 400 grammes, de poudre noire comprimée.

Pour cette première série d'expérience, où les mines sont fortement chargées, la puissance explosive, pour un même poids,

est $\frac{18 \times 50}{9 \times 50} = 200$ p. 100 de la puissance de la poudre noire.

3^e expérience. — Longueur EF = 1^m,20; longueur EH = 1^m,30.

La mine a bien joué avec 3 cartouches, soit 150 grammes, et a donné 11 hectolitres de charbon contenant la même proportion de gros qu'avec la poudre noire. Ce charbon contient moins de gros que celui abattu à la main avec les précautions nécessaires. On aurait employé 5 cartouches, soit 250 grammes, de poudre noire.

4^e expérience. — Longueur EF = 1^m,12; longueur EH = 1^m,30.

La mine a bien joué avec 3 cartouches, soit 150 grammes, et a donné 8 hectolitres de charbon dans les mêmes conditions que ci-dessus. On aurait employé 5 cartouches, soit 250 grammes, de poudre noire.

5^e expérience.

La capsule a fait explosion sans produire la détonation de deux cartouches.

Dans ces deux expériences de la deuxième série, on voit que 6 cartouches, soit 300 grammes, ont produit le même effet que 10 cartouches de poudre noire; la puissance explosive du mélange, pour un même poids, est donc $\frac{10 \times 50}{6 \times 50} = 166,66$ p. 100 de celle de la poudre noire.

2^e Essai sur le mélange de 30 p. 100 de dynamite n° 1 et 70 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

1^{re} expérience. — Longueur AB = 1^m.

La mine a bien joué avec 5 cartouches, soit 250 grammes. La base du prisme AC avait 70 centimètres. On aurait employé 8 cartouches, soit 400 grammes, de poudre noire.

2° expérience. — Longueur AB = 0^m,96.

La mine a bien joué avec 4 cartouches, soit 200 grammes, et on aurait mis 7 cartouches, soit 350 grammes, de poudre noire.

De ces deux expériences de la première série, on conclut que la puissance de cet explosif, pour un même poids, est de $\frac{15 \times 50}{9 \times 50} = 166,66$ p. 100 de celle de la poudre noire comprimée.

3° expérience. — Longueur EF = 1^m,18; longueur EH = 1^m,25.

La mine a bien joué avec 3 cartouches, soit 150 grammes, et a donné 8^{hect},50 de charbon paraissant plus menu de 12 p. 100 que celui obtenu à la poudre. On aurait employé 5 cartouches, soit 250 grammes, de poudre noire comprimée.

La puissance de cet explosif, pour un même poids, est donc de $\frac{5 \times 50}{3 \times 50} = 166,66$ p. 100 de celle de la poudre noire comprimée.

3° Essais faits sur le mélange de 15 p. 100 de coton-poudre et 85 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

1^{re} expérience. — Longueur AB = 1^m,20.

La mine a bien joué avec 5 cartouches, soit 250 grammes; la base du piston AC était de 65 centimètres. On aurait employé 10 cartouches, soit 500 grammes, de poudre noire.

2° expérience. — Longueur AB = 0^m,90.

La mine a bien joué avec 3 cartouches, soit 150 grammes, alors qu'on aurait employé 6 cartouches, soit 300 grammes, de poudre noire pour faire le même travail.

De ces deux expériences de la première série, il résulte que la puissance de cet explosif, pour un même poids, est de $\frac{16 \times 50}{8 \times 50} = 200$ p. 100 de celle de la poudre noire comprimée.

3° expérience. — Longueur EF = 1^m,25; longueur EH = 1^m,70.

La mine a bien joué avec 5 cartouches, soit 250 grammes, et a donné 13 hectolitres de charbon plus menu de 15 p. 100 que celui obtenu avec la poudre noire. On aurait employé 10 cartouches, soit 500 grammes, de poudre noire.

4° expérience. — Longueur EF = 1^m; longueur EH = 1^m,10.

La mine a bien joué avec 3 cartouches, soit 150 grammes, et a donné 8 hectolitres de charbon plus menu de 10 p. 100 que

celui obtenu avec la poudre noire. Pour faire le même travail, on aurait employé 6 cartouches, soit 300 grammes, de poudre noire.

De ces expériences de la deuxième série, la puissance de cet explosif, pour un même poids, serait de $\frac{16 \times 50}{8 \times 50} = 200$ p. 100 de celle de la poudre noire comprimée.

12 octobre 1888.

II. — MINES DE BLANZY.

Essais des nouveaux explosifs de la poudrerie nationale de Sevrans-Livry.

(Septembre 1888.)

Explosif n° 1.

30 parties de dynamite, 70 d'azotate d'ammoniaque.

NOMBRE DE COUPS.	POIDS	QUANTITÉ PRODUITE
1 coup au charbon, massif.	250 grammes	1 ^{er} ,5
— rocher	200 —	"
— charbon	250 —	2 ^{es} ,5
— rocher	150 —	"
— rocher	200 —	"
— charbon	200 —	3 chariots.
— charbon	200 —	4 chariots.
3 coups au rocher.	450 —	"
1 coup au charbon	250 —	3 chariots.
2 coups au rocher.	400 —	"
1 coup au charbon	250 —	Raté, amorce.
— charbon	250 —	2 chariots.
— charbon	150 —	2 chariots.
3 coups au rocher.	450 —	"
1 coup au charbon	250 —	"
1 coup au rocher.	300 —	"
2 coups au charbon, défilage.	800 —	26 chariots.

OBSERVATIONS. — L'explosif n° 1 s'allume bien avec des amorces électriques Abegg dites triple force contenant 0^{re},54 de fulminate. — On n'a pas observé de flammes.

Explosif n° 2.

15 parties coton-poudre, 85 d'azotate d'ammoniaque.

NOMBRE DE COUPS	POIDS	QUANTITÉ PRODUITE
2 coups au rocher.	1.000 grammes.	
1 coup au charbon, défilage. .	500 —	9 chariots.
1 — —	150 —	7 —
1 — —	500 —	16 —
1 — —	350 —	10 —
1 — —	400 —	Pas tout parti. Pas d'effet.
1 — —	500 —	11 chariots.
1 — — massif. . .	250 —	Pas d'effet.
1 — —	300 —	3 chariots.
1 — — défilage. .	500 —	14 —
1 — —	350 n° 3 et 150 n° 2.	Pas éclaté complètement.
2 — —	400 en couronne	Pas cassé.

OBSERVATIONS. — Le n° 2 a été allumé à la mèche et avec des capsules contenant 2 grammes de fulminate. L'explosion de la masse totale n'a pas toujours été déterminée avec ces capsules; dans deux coups il est resté de l'explosif intact. — On n'a pas observé de flammes.

Explosif n° 3.

10 parties binitrobenzine, 90 d'azotate d'ammoniaque.

NOMBRE DE COUPS	POIDS	RÉSULTAT	CAPSULES
1 coup au charbon, défilage.	500 gr.	Pas tout parti.	2 grammes.
1 — —	550 gr.	Rien fait. Pas tout parti.	Id.
1 — —	1 ^k .050 gr.	2 cartouches seulement sont parties.	2 gr., plus 1 amorce de gomme.
1 — —	150 gr.	8 chariots.	2 gr., amorce au milieu de la charge.
1 — —	300 gr.	11 chariots.	Id.
1 — —	400 gr.	13 chariots.	Id.
2 — —	1 ^k .700 gr.	26 ch. pas tout parti.	3 gr. pour chacun.

OBSERVATIONS. — L'explosif n° 3 n'est parti qu'à la condition de mettre la cartouche amorcée au milieu de la charge, et encore il y a eu des coups qui ne sont pas complètement partis. Même les deux derniers, avec des capsules de 3 grammes, ont laissé un peu d'explosif dans le fond du trou. — On n'a jamais vu de flammes.

Détail des essais faits avec l'explosif n° 1 contenant 30 parties de dynamite et 70 parties d'azotate d'ammoniaque.

Première expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1 (30 parties de dynamite de Vonges et 70 parties d'azotate d'ammoniaque).						
Date et lieu de l'essai.	21 septembre 1888. — Saint-Louis, étage 209, travers-bancs de l'est au charbon sur le mur de la couche.						
Charbon.	Charbon, au massif sans hâvage, dur et barré, quelques chauffoux.						
Position du coup	Incliné de haut en bas à 0°,40 par mètre et de droite à gauche de 0°,80 par mètre, le trou est placé à mi-hauteur de galerie et plus près du parement de droite.						
Charge.	250 grammes = 5 cartouches.						
Nature du bourrage.	Un peu de batafil vers l'amorce, et le reste en terre glaise sèche et bien tassée.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,60.						
Profondeur du coup	1 ^m ,20.						
Genre d'amorce.	Électrique Abegg, triple force, verte, à 0 ^m ,54 de fulminate.						
Quantité abattue	1 chariot 1/2.						
Quantité de gros	1 chariot.						
Aspect du charbon	Pas broyé, presque tout en gros morceaux; un délit a limité le coup qui aurait dû travailler davantage; il y a eu projection.						
Flamme et fumées	Pas vu de flammes, fumées fortes.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Par diffusion à 55 mètres du puits.						
Influence des gaz sur l'économie.	Fumée acre et prenant à la gorge; provoque la toux comme la fumée de dynamite-gomme. (En ayant respiré passablement on crache et mouche noir. Ne provoque pas de maux de tête chez les individus habitués à respirer des fumées de dynamite.)						
Estimation appro- ximative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>400 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>200 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>150 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	400 grammes.	Dynamite n° 1.	200 —	Dyn.-gomme.	150 —
Poudre compr.	400 grammes.						
Dynamite n° 1.	200 —						
Dyn.-gomme.	150 —						

Deuxième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.
Date et lieu de l'essai	21 septembre 1888. — Saint-Louis, direction de la Sorme.
Rocher.	Rocher, avec une petite couche de 0 ^m ,80 d'épaisseur.
Position du coup	En haut, coup horizontal droit, la petite couche est hâvée, le trou est à 0 ^m ,80 au-dessus.
Charge.	200 grammes.

40 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

Nature du bourrage	Terre glaise sèche.						
Longueur du bourrage	0 ^m ,40.						
Profondeur du coup	0 ^m ,85.						
Genre d'amorce	Abegg, triple force, verte.						
Quantité abattue	La charge mise n'était pas assez forte, le coup a laissé 0 ^m ,40 de recul, bien que tout ce qui était hâvé ait été abattu.						
Quantité de gros							
Aspect du rocher							
Flamme et fumées	Observation de la flamme rendue impossible par suite de la disposition des lieux, fumée abon- dante.						
Mode d'aérage du chantier . . .	Par canards soufflants.						
Influence des gaz sur l'économie.	Fumée acre et désagréable comme précédem- ment.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>600 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>300 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>200 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	600 grammes.	Dynamite n° 1.	300 —	Dyn.-gomme.	200 —
Poudre compr.	600 grammes.						
Dynamite n° 1.	300 —						
Dyn.-gomme.	200 —						

Troisième expérience.

Nature de l'explosif	N° 1.						
Date et lieu d'essai	21 septembre 1888. — Saint-Louis, direction de l'est, couche de 212.						
Charbon	Charbon, pas de hâvage, mais coupé au pare- ment gauche; charbon très dur avec chauff- foux au milieu.						
Position du coup	Incliné de haut en bas de 1 ^m ,10 par mètre, en direction.						
Charge	250 grammes.						
Nature du bourrage	Terre glaise sèche.						
Longueur du bourrage	0 ^m ,65.						
Profondeur du coup	1 ^m ,20.						
Genre d'amorce	Abegg, triple force.						
Quantité abattue	Peu de charbon, le coup a peu travaillé, 2 cha- riots 1/2						
Quantité de gros	Gros morceaux. 1 chariot.						
Aspect du charbon	Pas broyé.						
Flammes et fumées	Flammes impossibles à observer, presque pas de fumées.						
Mode d'aérage du chantier . . .	Par diffusion.						
Influence des gaz sur l'économie.	Odeur très désagréable malgré le peu de fumée.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>600 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>350 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>200 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	600 grammes.	Dynamite n° 1.	350 —	Dyn.-gomme.	200 —
Poudre compr.	600 grammes.						
Dynamite n° 1.	350 —						
Dyn.-gomme.	200 —						

OBSERVATION. — Les cartouches de 50 grammes seulement sont incommodes; il serait préférable qu'elles fussent de 100 grammes; il serait alors plus facile de les tasser au fond du trou et de leur faire occuper et remplir tous les vides et anfractuosités du trou de mine; ce qu'il est difficile de faire avec des cartouches de 50 grammes, surtout enveloppées dans deux papiers superposés.

Quatrième expérience.

Nature de l'explosif	N° 1.						
Date et lieu de l'essai	22 septembre 1888. — Saint-Louis, direction vers la Sorme (coup parti simultanément avec 4 bis).						
Rocher.	Poudingues à petits éléments.						
Position du coup.	Coup de parement à droite, horizontal en direction, prend 0 ^m ,30 de rocher.						
Charge.	150 grammes.						
Nature du bourrage	Terre glaise sèche et bien tassée.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,30.						
Profondeur du coup	0 ^m ,60.						
Genre d'amorce.	Abegg, triple force, verte.						
Aspect du rocher.	Bien abattu, en gros morceaux, pas broyé, le coup a bien travaillé.						
Flamme et fumées	Pas observé de flamme, fumées toujours de même.						
Mode d'aérage du chantier . . .	Par canards soufflants.						
Influence des gaz sur l'économie.	Toujours le même effet.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>300 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>100 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>50 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	300 grammes.	Dynamite n° 1.	100 —	Dyn.-gomme.	50 —
Poudre compr.	300 grammes.						
Dynamite n° 1.	100 —						
Dyn.-gomme.	50 —						

Expérience 4 bis.

Nature de l'explosif	N° 1.						
Date et lieu de l'essai	22 septembre 1888. — Direction vers la Sorme (parti avec le précédent n° 4).						
Rocher.	Poudingues à petits éléments.						
Position du coup.	Au front de taille, coup horizontal en direction, prend 0 ^m ,70, la petite couche est hâvée à 1 ^m ,20.						
Charge.	200 grammes.						
Nature du bourrage	Comme précédemment.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,25.						
Profondeur du coup	0 ^m ,70.						
Genre d'amorce.	Abegg, triple force.						
Quantité abattue	} Bien travaillé, pas broyé (voir expérience n° 4).						
Quantité de gros							
Aspect du rocher.							
Flamme et fumées							
Mode d'aérage du chantier . . .							
Influence des gaz sur l'économie.							
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>Ne pourrait casser.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>200 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>150 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	Ne pourrait casser.	Dynamite n° 1.	200 grammes.	Dyn.-gomme.	150 —
Poudre compr.	Ne pourrait casser.						
Dynamite n° 1.	200 grammes.						
Dyn.-gomme.	150 —						

Cinquième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.
Date et lieu de l'essai	22 septembre 1888. — Travers de l'est.

42 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

Charbon	Charbon, dur et nerveux avec nombreux chauffoux.						
Position du coup	Front de taille, vers la gauche, incliné de haut en bas de 0 ^m ,25 par mètre, au milieu de la hauteur.						
Charge	200 grammes.						
Nature du bourrage	Comme précédemment.						
Longueur du bourrage	0 ^m ,80.						
Profondeur du coup	1 ^m ,25.						
Genre d'amorce	Abegg, triple force, verte.						
Quantité abattue	2 chariots.						
Quantité de gros	1 chariot.						
Aspect du charbon	Gros morceaux, moins broyé qu'avec la gomme explosive.						
Flamme et fumées	Pas observé de flammes, fumées comme avant.						
Mode d'aérage du chantier . . .	Par diffusion.						
Influence des gaz sur l'économie.	Même effet que la veille.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>600 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>200 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>150 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	600 grammes.	Dynamite n° 1.	200 —	Dyn.-gomme.	150 —
Poudre compr.	600 grammes.						
Dynamite n° 1.	200 —						
Dyn.-gomme.	150 —						

Sixième expérience.

Nature de l'explosif	N° 1.						
Date et lieu de l'essai	22 septembre 1888. — Direction de l'Est.						
Charbon	Charbon dur avec barres et chauffoux, hâlage horizontale à 1 mètre de hauteur du sol.						
Position du coup	Horizontal, à 1 ^m ,80 du sol, incliné de droite à gauche en plan.						
Charge	200 grammes.						
Nature du bourrage	Comme précédemment.						
Longueur du bourrage	0 ^m ,50.						
Profondeur du coup	1 mètre.						
Genre d'amorce	Abegg, triple force, verte.						
Quantité abattue	4 chariots.						
Quantité de gros	1 chariot.						
Aspect du charbon	Un peu broyé, un peu trop d'explosif.						
Flamme et fumées	Pas observé de flammes, fumées comme avant.						
Mode d'aérage du chantier . . .	Par diffusion.						
Influence des gaz sur l'économie.	Toujours le même effet.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>400 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>200 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>120 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	400 grammes.	Dynamite n° 1.	200 —	Dyn.-gomme.	120 —
Poudre compr.	400 grammes.						
Dynamite n° 1.	200 —						
Dyn.-gomme.	120 —						

OBSERVATION. — Il y avait un peu trop d'explosif : 50 grammes environ. Le charbon a été plus broyé que dans les coups précédents et projeté à distance.

Septième expérience (Trois coups simultanés A., B., C.)

Nature de l'explosif	N° 1.
Date et lieu de l'essai	24 septembre 1888. — Direction du côté de la Sorme.

Rocher.	Poudingues à petits éléments traversés par une couche de charbon de 0 ^m ,50 d'épaisseur, hâvée.
Position des coups	A. Coup en direction incliné de 0 ^m ,40 par mètre un peu à droite. — B. Au parement de droite plonge un peu de haut en bas. — C. En couronne horizontale en arrière prend 0 ^m ,40 au fond.
Charge.	A. 250 gr. — B. 50 gr. — C. 150 gr. — (Le premier papier de chaque cartouche est enlevé au moment de l'introduire, sauf pour la cartouche amorcée.)
Nature du bourrage.	Toujours le même et tassé de la même façon. Dans toutes ces expériences on met un petit tampon de batafil entre l'explosif et le bourrage proprement dit.
Longueur des bourrages.	A. 0 ^m ,40. — B. 0 ^m ,40. — C. 0 ^m ,65.
Profondeur des coups	A. 0 ^m ,80. — B. 0 ^m ,50. — C. 0 ^m ,95.
Genre d'amorce.	Abegg, triple force, verte.
Flamme et fumées	Fumées pas très considérables.
Mode d'aérage du chantier.	Par diffusion.
Influence des gaz sur l'économie.	Comme avant.
Estimation approxi- mative de la charge	A. Ne casserait pas. — B. 100 gr. — C. 400 gr. n'aurait pas cassé à fond. A. 250 gr. — B. 50 gr. — C. 150 gr. A. 200 gr. — B. 50 gr. — C. 100 gr.
équivalente en au- tres explosifs	
	Poudre compr. Dynamite n° 1. Dvn.-gomme.

OBSERVATION. — Les trois coups ont très bien travaillé.

Huitième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.
Date et lieu de l'essai.	24 septembre 1888. — Direction de l'Est.
Charbon.	Charbon dur avec chauxfoux.
Position du coup.	En pied de front de taille, coup horizontal en direction, pas de coupement, hâvage en dessus.
Charge.	250 grammes. (Premier papier enlevé, sauf celui de la cartouche amorce.)
Nature du bourrage.	Comme avant.
Longueur du bourrage.	0 ^m ,80.
Profondeur du coup.	1 ^m ,10.
Genre d'amorce.	Électrique Abegg, triple force, verte.
Quantité abattue.	3 charlots.
Quantité de gros.	1 charlot.
Aspect du charbon.	Peu broyé, assez de gros.
Flamme et fumées.	Peu de fumées, mais dégagement de vapeurs nitreuses.
Mode d'aérage du chantier.	Par diffusion.
Estimation approxi- mative de la charge (équivalente en au- tres explosifs.	Poudre compr. 500 grammes. Dynamite n° 1. 300 — Dyn.-gomme. . 200 —

Neuvième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	26 septembre 1888. — Direction de la Sorme (deux coups simultanés A et B).						
Rocher.	Rocher, poudingues à petits éléments.						
Position des coups	A. Front de taille, vers la couronne; horizontal, vers la gauche en direction. — B. Au parement droit, un peu incliné à droite et à 1 mètre par mètre sur l'horizontale. — (La petite couche est hâvée de 0 ^m ,80.)						
Charge.	A. 200 gr. — B. 200 gr. — (Le premier papier enlevé, sauf pour l'amorce.)						
Nature du bourrage.	Comme avant.						
Longueur des bourrages.	A. 0 ^m ,30. — B. 0 ^m ,50.						
Profondeur des coups	A. 0 ^m ,60. — B. 0 ^m ,85.						
Genre d'amorce.	Électrique Abegg, triple force, verte.						
Flamme et fumées	Fumées abondantes.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Canards soufflants à 20 mètres du front de taille.						
Influence des gaz sur l'économie.	Même effet qu'avant.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>A. Ne casserait pas. — B. Ne casserait pas.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>A. 300 grammes. — B. 200 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme..</td><td>A. 200 — — B. 150 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	A. Ne casserait pas. — B. Ne casserait pas.	Dynamite n° 1.	A. 300 grammes. — B. 200 grammes.	Dyn.-gomme..	A. 200 — — B. 150 —
Poudre compr.	A. Ne casserait pas. — B. Ne casserait pas.						
Dynamite n° 1.	A. 300 grammes. — B. 200 grammes.						
Dyn.-gomme..	A. 200 — — B. 150 —						

OBSERVATION. — Le coup A a laissé 0^m,20 de recul; il a mal travaillé à cause du long espace tenu par la charge, ce qui fait que le bourrage n'était pas suffisant. Le coup B a bien travaillé.

Dixième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	26 septembre 1888. — Travers bancs de l'Est au charbon.						
Charbon.	Charbon dur, barré, sans hâvage.						
Position du coup	Coup un peu à gauche, incliné de haut en bas de 0 ^m ,40 par mètre et de gauche à droite de 0 ^m ,60 par mètre; un joint à droite passe non loin du fond du trou						
Charge.	250 grammes.						
Nature du bourrage	Comme précédemment.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,90.						
Profondeur du coup	1 ^m ,40.						
Genre d'amorce.	Abegg, triple force, verte.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Par diffusion.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>700 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>300 — (fort.</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme..</td><td>250 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	700 grammes.	Dynamite n° 1.	300 — (fort.	Dyn.-gomme..	250 —
Poudre compr.	700 grammes.						
Dynamite n° 1.	300 — (fort.						
Dyn.-gomme..	250 —						

OBSERVATION. — Le coup a raté par suite de la mauvaise qualité de l'amorce qu'on n'a pu enflammer par aucune machine électrique. Les hachures rouges indiquent le charbon arraché par le coup n° 15.

Onzième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	26 septembre 1888. — Direction de l'Est.						
Charbon.	Charbon massif, dur, très barré avec nombreux chauffoux, pas de hâvage.						
Position du coup.	Au front de taille, au milieu à droite, incliné de haut en bas de 0 ^m ,25 par mètre, de droite à gauche à 1 mètre par mètre.						
Charge.	250 grammes.						
Nature du bourrage.	Comme avant.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,70.						
Profondeur du coup.	1 ^m ,20.						
Genre d'amorce.	Abegg, triple force, verte.						
Quantité abattue.	2 chariots.						
Quantité de gros.	0.						
Aspect du charbon.	Charbon broyé en menu et petits morceaux.						
Flamme et fumées.	Fumées peu abondantes.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Par diffusion.						
Influence des gaz sur l'économie.	Comme avant.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs. . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>500 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>300 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme..</td><td>200 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	500 grammes.	Dynamite n° 1.	300 —	Dyn.-gomme..	200 —
Poudre compr.	500 grammes.						
Dynamite n° 1.	300 —						
Dyn.-gomme..	200 —						

OBSERVATION. — Le coup a fait son trou avec 0^m,25 de recul. Le charbon est broyé, le coup a travaillé comme un coup d'ouverture.

Douzième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	27 septembre 1888. — Direction de l'Est.						
Charbon.	Charbon massif, dur, très barré sans hâvage ni coupement.						
Position du coup.	Coup en direction vers la droite incliné de 1 mètre par mètre.						
Charge.	150 grammes.						
Nature du bourrage.	Comme avant.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,80.						
Profondeur du coup.	1 ^m ,20.						
Genre d'amorce.	Comme avant.						
Quantité abattue.	2 chariots.						
Quantité de gros.	1/2 chariot.						
Aspect du charbon.	Pas trop broyé.						
Flamme et fumées.	Peu de fumées.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Comme précédemment.						
Influence des gaz sur l'économie.	Comme avant.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs. . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>400 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>150 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme..</td><td>100 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	400 grammes.	Dynamite n° 1.	150 —	Dyn.-gomme..	100 —
Poudre compr.	400 grammes.						
Dynamite n° 1.	150 —						
Dyn.-gomme..	100 —						

Treizième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	28 septembre 1888. — Direction de la Sorme (trois coups simultanés A, B, C).						
Rocher.	Poudingues à petits éléments, la petite couche de 0 ^m ,50, hâvée à 0 ^m ,60 de profondeur.						
Position des coups	A. Coup en couronne au milieu du front de taille, horizontal dirigé de droite à gauche de 0 ^m ,15 par mètre, prend 0 ^m ,50 au fond. — B. En pied, horizontal, dirigé de droite à gauche à 45 degrés. — C. En couronne en arrière en di- rection, monte un peu, prend 0 ^m ,30 au fond.						
Charge.	A. 200 gr. — B. 150 gr. — C. 100 gr.						
Nature du bourrage.	Comme précédemment.						
Longueur des bourrages.	A. 0 ^m ,55. — B. 0 ^m ,45. — C. 0 ^m ,50.						
Profondeur des coups	A. 0 ^m ,90. — B. 0 ^m ,75. — C. 0 ^m ,70.						
Genre d'amorce.	Comme avant.						
Flamme et fumées	Fumées compactes.						
Mode d'aérage du chantier.	Par canards soufflants à 20 mètres du front de taille.						
Influence des gaz sur l'économie.	Comme avant.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>A. ne casse- rait pas. — B. 350 gr. — C. 250 gr.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>A. 200 gr. B. 200 C. 250</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>A. 150 B. 100 gr. fort. — C. 100 gr. faible.</td></tr> </table>	Poudre compr.	A. ne casse- rait pas. — B. 350 gr. — C. 250 gr.	Dynamite n° 1.	A. 200 gr. B. 200 C. 250	Dyn.-gomme.	A. 150 B. 100 gr. fort. — C. 100 gr. faible.
Poudre compr.	A. ne casse- rait pas. — B. 350 gr. — C. 250 gr.						
Dynamite n° 1.	A. 200 gr. B. 200 C. 250						
Dyn.-gomme.	A. 150 B. 100 gr. fort. — C. 100 gr. faible.						

Quatorzième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	28 septembre 1888. — Direction.						
Charbon.	Charbon massif, dur, très barré, hâvage horizon- tale sur toute la largeur du front de taille de 0 ^m ,60 de profondeur.						
Position du coup	Coup incliné de haut en bas de 0 ^m ,50 par mètre et de droite à gauche de 0 ^m ,35 par mètre, à 1 ^m ,60 du sol.						
Charge.	250 grammes.						
Nature du bourrage.	Comme avant.						
Longueur du bourrage.	0 ^m ,90.						
Profondeur du coup	1 ^m ,35.						
Genre d'amorce.	Comme avant.						
Aspect du charbon	Peu broyé.						
Flamme et fumées	Comme avant.						
Mode d'aérage du chantier.	Par diffusion.						
Influence des gaz sur l'économie.	Comme avant.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs.	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>500 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>250 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme.</td><td>200 — faible.</td></tr> </table>	Poudre compr.	500 grammes.	Dynamite n° 1.	250 —	Dyn.-gomme.	200 — faible.
Poudre compr.	500 grammes.						
Dynamite n° 1.	250 —						
Dyn.-gomme.	200 — faible.						

Quinzième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1.						
Date et lieu de l'essai.	28 septembre 1888. — Travers-bancs de l'Est au charbon (pour dégager le coup n° 10 qu'on n'avait pu allumer).						
Charbon.	Charbon massif, dur, très barré (voir croquis n° 10).						
Position du coup.	En travers-bancs, incliné de haut en bas de 0°,45 par mètre, plus près du parement de gauche.						
Charge.	300 grammes.						
Nature du bourrage.	Comme avant.						
Longueur du bourrage.	0°,50.						
Profondeur du coup.	1°,40.						
Genre d'amorce.	Comme avant.						
Flamme et fumées.	Comme avant.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Canards soufflants.						
Influence des gaz sur l'économie.	Comme avant.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs. . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>600 grammes.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>300 —</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme..</td><td>200 —</td></tr> </table>	Poudre compr.	600 grammes.	Dynamite n° 1.	300 —	Dyn.-gomme..	200 —
Poudre compr.	600 grammes.						
Dynamite n° 1.	300 —						
Dyn.-gomme..	200 —						

OBSERVATION. — N'a pas allumé le coup n° 10, mais à fait canon en arrachant un entonnoir de charbon de 1 hectolitre environ. A dégagé le coup n° 10 dont on a pu changer l'amorce et la remplacer par une nouvelle. L'explosif était humide, mais a parfaitement sauté.

Seizième expérience.

Nature de l'explosif.	N° 1 (deux coups simultanés).						
Date et lieu de l'essai.	3 octobre 1888. — Étage 380 du puits Sainte-Eugénie, dépiilage en tranche inclinée, 3° couche.						
Charbon.	Charbon dur un peu barré, chantier hâvé de 1 mètre dans le pied.						
Position des coups.	Deux coups à 1°,50 de hauteur et de 1°,40 de profondeur chacun, convergents.						
Charge.	500 grammes dans chacun.						
Nature du bourrage.	Une bourre d'étoupes sur l'amorce, le reste en terre glaise sèche.						
Longueur des bourrages.	0°,60.						
Profondeur des coups.	1°,40.						
Genre d'amorce.	Abegg, triple force.						
Quantité abattue.	26 charlots.						
Quantité de gros.	Tout en gros.						
Aspect du charbon.	Cassé en gros blocs						
Flamme et fumées.	Fumée peu épaisse.						
Mode d'aérage du chantier. . . .	Courant d'air ascendant.						
Influence des gaz sur l'économie.	Les mineurs des chantiers supérieurs se sont plaints de maux de tête.						
Estimation approxi- mative de la charge équivalente en au- tres explosifs. . . .	<table> <tr> <td>Poudre compr.</td><td>500 grammes environ.</td></tr> <tr> <td>Dynamite n° 1.</td><td>?</td></tr> <tr> <td>Dyn.-gomme..</td><td>250 grammes.</td></tr> </table>	Poudre compr.	500 grammes environ.	Dynamite n° 1.	?	Dyn.-gomme..	250 grammes.
Poudre compr.	500 grammes environ.						
Dynamite n° 1.	?						
Dyn.-gomme..	250 grammes.						

Monsieur Mallard, inspecteur général des mines.

Montceau-les-Mines, 7 nov. 1888.

Je vous adresse sous ce pli les résultats obtenus avec les trois espèces d'explosifs dont vous avez bien voulu me faire adresser trois caisses d'échantillons de cent cartouches chacune. Ces résultats sont consignés dans trois tableaux avec les titres de : Explosifs n° 1, n° 2 et n° 3, qui résument le nombre de coups, la charge et le volume abattu en chariots de 7 hectolitres de 80 kilogrammes. En dehors de ces tableaux, vous trouverez un cahier donnant pour chaque coup de l'explosif n° 1, qui me paraît être le seul pratique, tous les détails que comporte l'explosion de chaque coup avec des croquis du chantier, de l'effet produit, du volume abattu, des effets des fumées sur l'organisme, etc., etc.

Les difficultés que l'on rencontre pour faire détoner les explosifs n° 2 et n° 3, et particulièrement ce dernier, les rendront assurément d'un usage peu pratique.

Cordeau détonant. — J'ai fait également quelques applications du cordeau détonant pour le sautage de plusieurs mines simultanément; mais la consommation insolite de fortes capsules et les soins qu'exigent les ligatures quand on fait usage de capsules ordinaires fermées d'un bout, m'ont engagé à interrompre ces essais et demander à la maison Gaupillat un certain nombre d'amorces-manchons à charge de 2 grammes de fulminate.

Je reprendrai ces essais dès que j'aurai ces amorces. Deux expériences seulement ont été faites dont voici les résultats :

Dans une carrière au jour, on a préparé trois coups de 80 à 90 centimètres de profondeur, la distance de chaque trou était de 2 mètres environ. Le cordeau était disposé comme le montre la figure 10, Pl. I. Une des extrémités partant de la charge de gomme (100^{gr}) du trou n° 1, munie d'une forte capsule, s'étendait sur le sol et plongeait dans le trou n° 3 avec la charge et l'amorce. Un autre bout de cordeau chargé et amorcé plongeait dans le trou n° 2 et se soudait au premier par une seule ligature en A, préparée en mettant la substance à nu dans les deux cordes que l'on réunit ensuite par une forte ligature. L'extrémité *b* est coiffée d'une forte capsule que l'on réunit à une seconde dans laquelle pénètre un bout de mèche ordinaire à laquelle on met le feu.

Le résultat a été parfait, l'instantanéité a été parfaite et l'effet

d'arrachement de la roche considérable. La longueur de cordeau employé était de 9 mètres.

2^e expérience. — Cinq coups 1, 2, 3, 4 et 5 (*fig. 11*), dans la même carrière, avaient été foncés sur 1^m,10 de profondeur sur le bord d'une banquette. Ils furent amorcés, chargés et bourrés comme précédemment; seulement la charge en gomme était de 300 grammes pour chaque coup. Il y avait trois ligatures de cordeau à cordeau et une en A de capsule à capsule.

Les coups 1, 2, 3 et 5 sont bien partis simultanément en ne produisant qu'une seule et même détonation; mais le coup 4 ne partit pas, le cordeau était brisé à la ligature B. On réamorça deux fois de suite ce même cordeau, sans plus de succès; une troisième tentative eut plus de succès, le coup partit bien.

La cause de cet insuccès est dû sans doute à ce que le cordeau est d'un diamètre un peu fort pour les capsules et il peut se faire que le cordeau ne soit pas exactement en contact avec le fulminate.

Dès que j'aurai reçu les amorces-manchons, je continuerai ces essais.

Veuillez agréer, etc.

A. MATHET.

Monsieur Mallard, inspecteur général des mines.

Montceau-les-Mines, 24 nov. 1888.

J'ai l'honneur de vous confirmer ma lettre du 7 courant, vous donnant les résultats obtenus avec les divers explosifs que j'avais reçus de la poudrerie de Sevrans-Livry; je complète aujourd'hui ceux obtenus avec le cordeau détonant.

Nous avons préparé sur le bord d'une banquette de nos carrières à remblais cinquante-huit trous de mine de 1 mètre de profondeur et distants de 1 mètre à 1^m,10. Chacun de ces trous a reçu une cartouche de gomme de 100 grammes amorcée avec un bout de cordeau de 1^m,30 à 1^m,40 plongeant dans une capsule à 2 grammes de fulminate.

Chacun de ces bouts, correspondant à chaque trou, venait se souder au cordeau principal étendu sur le sol, à proximité des coups de mine au moyen d'une ligature qui reliait les points en contact, préalablement découverts jusqu'à la substance explosive.

Les trois derniers coups 56, 57 et 58 avaient été réunis au cor-

Tome XVI, 1889.

4

deau principal par une ligature en croix comme le montre la *fig. 11*; tandis que, pour tous les autres coups, la ligature affectait la disposition tangentielle comme le représente la *fig. 12*; ce qui certainement est préférable, comme vous allez le voir.

A la mise à feu de ces cinquante-huit coups, on n'entendit qu'une détonation violente, les cinquante-cinq premiers coups étaient bien partis en travaillant largement; seuls les trois derniers qui avaient reçu la ligature en croix ne firent pas explosion. Rattachés au cordeau principal par la ligature tangentielle, ils firent immédiatement explosion.

La longueur du cordeau employée dans cette expérience a été de 60 mètres pour le cordeau principal et 75^m,40 pour les bouts plongeant dans les trous. Cet essai me paraît concluant et montre que chaque fois que l'on aura un grand nombre de coups à faire partir à la fois, comme cela peut arriver dans une carrière, ou même dans un fonçage de puits, l'emploi du cordeau détonant remplacera avec avantage l'emploi de l'électricité.

Veuillez agréer, etc.

A. MATHET.

III. — MINES DE FIRMINY.

Rapport sur les essais pratiques faits aux mines de houille de Firminy, à la demande de la Commission des substances explosives.

Nous avons essayé les mélanges explosifs désignés ci-dessous :

- N° 1. — 30 parties de dynamite et 70 parties d'azotate d'ammoniaque;
 N° 2. — 15 parties de coton-poudre octonitrique et 85 p. d'azotate d'ammoniaque;
 N° 3. — 10 parties de binitrobenzine et 90 p. d'azotate d'ammoniaque.

Les résultats de nos essais sont résumés dans les tableaux ci-joints, savoir :

Mélange n° 1, travail au charbon, tableau A;			
— n° 2,	—	—	B;
— n° 3,	—	—	C;
— n° 1, travail au rocher,	—	—	A';
— n° 2,	—	—	B';
— n° 3,	—	—	C'.

Les essais au charbon ont été faits dans une couche de houille assez dure, dont la puissance est de 6 mètres et l'inclinaison de 25 degrés, et qui est exploitée par tranches horizontales. Les niveaux en direction, suivant le mur, et les niveaux en travers, allant du mur au toit, ont 3 mètres de largeur et 2^m,50 de hauteur. Les grandes tailles, qui s'étendent du mur au toit et avancent dans le sens de la direction, ont 10 à 12 mètres de largeur.

Les essais au rocher ont été faits dans du gore (schiste compact) et du grès, à l'avancement des travers-bancs ou dans l'abatage du toit d'une petite couche.

Nous allons rendre compte de ces expériences, aux divers points de vue : 1° des difficultés ou inconvénients de l'emploi des nouveaux explosifs ; 2° de leur effet utile dans l'abatage ; 3° de l'état de division du charbon abattu ; 4° des résultats économiques.

1. Difficultés ou inconvénients.

Quel que soit l'explosif que l'on emploie, il importe de ne laisser aucun vide entre la charge et les parois du trou de mine. Avec la dynamite, cette condition se réalise facilement : on coupe les cartouches et on les écrase au fond du trou avec le bourroir, en ne réservant, pour y mettre l'amorce, qu'un tronçon de cartouche de longueur strictement suffisante. Avec la poudre noire en grains, l'ouvrier met la charge dans un sac en papier, auquel il donne exactement le diamètre du trou qu'il a foré. Les nouveaux explosifs sont pulvérulents et protégés contre l'humidité par une double enveloppe de papier paraffiné. On ne peut songer à couper les cartouches en plusieurs tronçons, car la matière se répandrait. Nous avons même dû renoncer à faire de simples incisions dans le papier. Il faut se borner à ôter l'enveloppe extérieure et à bourrer fortement les cartouches au fond du trou, ce qui ne permet pas de supprimer tout espace nuisible, à cause de la résistance du papier paraffiné. Pour atténuer cet inconvénient, il faudra s'approvisionner de cartouches de plusieurs diamètres différents, s'adaptant aux trous de divers diamètres.

L'amorce doit être mise dans une cartouche entière, que l'on ne peut songer à écraser. Pour diminuer autant que possible la hauteur du vide qui reste forcément autour de cette dernière cartouche, il sera utile d'avoir des cartouches spéciales, de même longueur que les amorces.

Puisqu'on ne peut diviser les cartouches, il sera nécessaire

d'avoir à sa disposition des cartouches de longueurs graduées, pour pouvoir varier à volonté la charge des coups de mine. Avec la dynamite et la poudre noire, cette difficulté n'existe pas.

Il faut environ cinq minutes de plus pour charger un coup de mine avec les nouveaux explosifs qu'avec la poudre noire ou la dynamite.

Les explosifs à l'azotate d'ammoniaque ne donnent pas de fumée. Mais, quand on emploie les cartouches telles quelles, on est incommodé par une odeur très désagréable. Pour éviter cette mauvaise odeur, il suffit, au moment de la charge, d'enlever l'enveloppe extérieure et de gratter la paraffine adhérente à l'enveloppe intérieure.

Avec la matière n° 2, sur trente-quatre coups, il s'est produit un raté (n° 44 du tableau B) : les cartouches avaient brûlé sans détoner. On veillait pourtant avec soin à ce que la mèche ne pénétrât jamais dans la cartouche.

Avec la matière n° 3, sur vingt et un coups, il s'est produit deux ratés : la capsule seule avait détoné; on a retrouvé la matière en grumeaux jaunâtres assez durs. Peut-être était-elle déjà altérée avant l'emploi.

II. *Effet utile.*

Dans le travail au charbon, nous employons généralement, pour chaque coup de mine, une charge de 330 grammes de poudre noire en grains ou de 85 grammes de dynamite-gomme. Nous avons reconnu qu'on pouvait obtenir le même résultat avec une charge de 150 grammes (3 cartouches) de la matière n° 1. La matière n° 2 paraît un peu moins forte et le n° 3 encore moins.

Parfois, quand la sous-cave est insuffisante ou le charbon peu dur, le coup de mine, au lieu d'abattre le charbon sur la sous-cave, projette seulement en avant un cône de charbon (n° 53 du tableau B et n° 73 du tableau C).

Dans le travail au rocher, une seule cartouche de 50 grammes des matières n° 1, 2 ou 3, paraît équivalente à une charge triple de poudre noire.

III. *État du charbon abattu.*

L'état de division du charbon abattu est généralement le même qu'avec la dynamite et à peu près le même qu'avec la poudre noire. Avec les explosifs à azotate d'ammoniaque, comme avec

la dynamite, il y a toujours 4 ou 5 kilogrammes de charbon écrasé autour de la charge; c'est la seule différence que l'on constate par rapport à la poudre noire.

IV. Résultats économiques.

Dans le travail au charbon, un coup de mine normal coûte, suivant qu'on emploie 330 grammes de poudre noire à 2^f,35, ou 85 grammes de dynamite-gomme à 6^f,50, ou 150 grammes des explosifs n^{os} 1, 2 ou 3, à x francs le kilogramme :

Avec la poudre.	2 ^f ,35 × 0,330	= 0 ^f ,7755
Avec la dynamite-gomme. . . .	6 ^f ,50 × 0,085 + 0,05 (amorce ordinaire) =	0 ^f ,6025
Avec la matière n ^o 1.	$x \times 0,150 + 0,05$ (amorce ordinaire)	
Avec la matière n ^o 2.	$x \times 0,150 + 0,095$ (amorce renforcée).	
Avec la matière n ^o 3.	$x \times 0,150 + 0,095$ (amorce renforcée).	

Il faut tenir compte, en outre, du temps consacré au chargement; ainsi que nous l'avons dit plus haut, il faut environ cinq minutes de plus avec les nouvelles matières qu'avec la poudre ou la dynamite.

Cordeau détonant.

Nous avons essayé aussi le cordeau détonant de la poudrerie de Sevrans-Livry, qui permet de tirer plusieurs coups de mine avec une simultanéité parfaite. Nous avons reconnu que pour transmettre l'explosion, il fallait fixer une amorce *renforcée* à l'origine de chaque branchement. Il ne suffit pas d'entailler la gaine et de mettre le fulmicoton en contact.

Ce cordeau rendrait des services dans les mines grisouteuses, en permettant de tirer plusieurs coups de mine à la fois, ce que les règlements interdisent de faire en employant une mèche pour chaque coup.

Signé : H. VOISIN.

TABLEAU

3 Dynamite et 7 Azotate.

NUMÉ- ROS d'ordre	DATE	DÉSI- GNATION du chantier	ÉTAT DE PRÉPARATION du chantier	PROFON- DEUR du trou	DIAMÈ- TRE du trou	NOMBRE de car- touches de 50 gr.	NATURE de l'amorce
1	1888 18 oct.	M (*)	Sous-cave de 1 ^m ,80 sur 3 m.	mèt. 1,10	millim. 30	4	O (**)
2	"	id.	Rebanché.	1,10	30	4	Id.
3	20 oct.	id.	Grande sous-cave.	1,10	30	3	R
4	"	id.	Coup assez engagé.	1,00	30	3	Id.
5	23 oct.	id.	Id.	1,00	30	3	Id.
6	"	id.	Grande sous-cave.	1,00	30	3	Id.
7	26 oct.	id.	Sous-cave de 1 ^m ,80 × 3 m.	1,10	30	3	Id.
8	"	id.	Grande sous-cave.	1,10	30	3	Id.
9	"	T	Id.	1,10	30	3	Id.
10	30 oct.	M	Id.	1,10	30	3	O
11	"	T	Sous-cave peu profonde.	1,10	30	3	Id.
12	"	M	Grande sous-cave.	0,80	30	2	Id.
13	"	id.	Id.	0,80	45	2	Id.
14	3 nov.	id.	Sous-cave de 1 m. × 3 m.	1,00	30	3	R
15	"	id.	Rebanché.	0,95	30	2	O
16	"	id.	Grande sous-cave.	1,05	45	3	Id.
17	5 nov.	id.	Id.	0,95	45	2	R
18	6 nov.	id.	Id.	0,78	45	2	Id.
19	7 nov.	id.	Id.	1,00	45	3	Id.
20	"	T	Sous-cave de 1 ^m ,60 × 3 m.	0,95	45	3	Id.
21	"	M	Id. 1 ^m ,10 × 3 m.	1,04	30	3	Id.
22	"	T	Id. 1 ^m ,60 × 3 m.	0,97	30	3	Id.
23	10 nov.	id.	Id. 1 ^m ,80 × 3 m.	0,92	45	3	Id.
24	"	id.	Id. 1 ^m ,00 × 3 m.	0,90	30	2	Id.
25	"	M	Id. 1 ^m ,10 × 3 m.	0,94	45	3	O

(*) M veut dire, *niveau au mur*; — T, *niveau en travers*; — G. T., *grande taille*; — T. B., *traversa*.
 (**) O, *capsule ordinaire*; — R, *capsule renforcée*.

A.

— Travail au charbon.

MODE DE CHARGEMENT	RÉSULTAT obtenu	OBSERVATIONS
On introduit les cartouches avec leur double enveloppe de papier paraffiné.	Très bon.	
	Id.	
	Id.	L'excavation produite dépasse le fond du trou.
	Id.	
	Assez bon.	1 tonne à 1',5 de charbon.
On ôte l'enveloppe extérieure des premières cartouches et on les écrase fortement au fond du trou.	Très bon.	
	Id.	
	Mauvais.	Le trou étant mal fait, la charge n'était pas au fond.
	Très bon.	Charbon assez gros.
	Id.	
On ôte l'enveloppe extérieure des premières cartouches, on incise l'enveloppe intérieure et on serre fortement au fond du trou.	Id.	
	Id.	
	Bon.	Il aurait fallu employer pour ce coup 275 grammes de poudre ordinaire.
	Très bon.	Charbon assez gros.
	Médiocre.	2 tonnes de charbon après avoir purgé. Charbon non planché ni clivé.
On ôte l'enveloppe extérieure et serre fortement, mais sans inciser l'enveloppe intérieure.	Id.	La planche de charbon est enlevée, mais sur une faible largeur.
	Très bon.	3 tonnes de charbon, dont 0',5 de pérat, après avoir purgé.
	Id.	3 tonnes de charbon assez gros.
	Id.	3 tonnes de charbon très gros.
	Id.	2',5.
On laisse la double enveloppe.	Bon.	2 tonnes de charbon gros. Charbon bien planché.
	Très bon.	2',5 charbon barré.
	Médiocre.	La purge se fait difficilement et donne 1',5.
	Très bon.	2 tonnes de charbon barré.
	Id.	2 tonnes de charbon barré. Charbon bien planché.
	Id.	3 tonnes de charbon, dont 0',5 de pérat.

bancs; — E, élévation.

TABLEAU

15 Colon et 85 Azotate.

NUMÉ- ROS d'ordre	DATE	DÉSI- GNATION du chantier	ÉTAT DE PRÉPARATION du chantier	PROFON- DEUR du trou	DIAMÈ- TRE du trou	NOMBRE de car- touches de 50 gr.	NATURE de l'amorce
	1888			mèt.	millim.		
26	19 oct.	M	Sous-cave peu profonde.	1,00	30	3	R
27	"	Id.	Coup assez engagé.	1,00	30	3	Id.
28	24 oct.	Id.	Grande sous-cave.	1,30	30	4	Id.
29	"	T	Id.	0,90	30	2	Id.
30	"	M	Id.	1,10	45	3	Id.
31	27 oct.	Id.	Id.	1,10	30	3	Id.
32	"	T	Id.	1,00	45	3	Id.
33	"	M	Id.	0,80	45	2	Id.
34	"	T	Sous-cave peu profonde.	0,80	45	2	Id.
35	31 oct.	M	Sous-cave de 2 ^m ,10.	1,10	30	3	Id.
36	"	T	Sous-cave peu profonde.	1,00	30	3	Id.
37	"	M	Grande sous-cave.	1,00	45	3	Id.
38	2 nov.	Id.	Id.	1,00	45	2	Id.
39	5 nov.	Id.	Sous-cave de 0 ^m ,80.	1,12	4	3	Id.
40	"	Id.	Sous-cave de 0 ^m ,20 à 0 ^m ,90.	1,00	45	3	Id.
41	"	Id.	Sous-cave de 1 mètre.	0,95	45	2	Id.
42	6 nov.	Id.	Sous-cave de 0 ^m ,60.	1,07	45	3	Id.
43	"	Id.	Sous-cave de 1 ^m ,30.	0,87	45	3	Id.
44	7 nov.	T	Grande sous-cave.	1,10	30	3	Id.
45	"	Id.	Id.	1,10	30	3	Id.
46	"	M	Sous-cave peu profonde.	0,95	45	3	Id.
47	"	Id.	Grande sous-cave.	1,00	45	3	Id.
48	13 nov.	T	Sous-cave de 1 ^m ,20.	0,90	30	3	Id.
49	"	G. T	Sous-cave de 1 ^m ,80.	1,07	30	3	Id.
50	"	T	Sous-cave de 1 ^m ,40.	0,93	30	3	Id.
51	16 nov.	G. T	Sous-cave de 1 ^m ,30 x 4 m.	1,10	45	3	Id.
52	"	Id.	Sous-cave de 0 ^m ,90.	1,10	45	3	Id.
53	"	Id.	Sous-cave de 0 ^m ,80 x 3 m.	1,07	30	3	Id.
54	"	T	Grande sous-cave.	1,10	45	3	Id.
55	20 nov.	G. T	Id.	0,97	45	3	Id.
56	"	Id.	Id.	1,05	45	3	Id.
57	21 nov.	Id.	Id.	1,00	45	3	Id.

B.

— Travail au charbon.

MODE DE CHARGEMENT	RÉSULTAT obtenu	OBSERVATIONS
On introduit les cartouches avec leur double enveloppe de papier paraffiné.	Très bon. Id. Médiocre. Très bon.	Charbon assez gros. Il reste après l'explosion un culot de 0 ^m ,60.
On coupe par le milieu les deux premières cartouches et on les écrase au fond du trou.	Id.	
On ôte une enveloppe, on incise l'autre et on serre fortement.	Id. Id. Id. Id.	4 tonnes à 4',5 de charbon assez gros. Beaucoup de gros. Idem. Idem.
On ôte l'enveloppe extérieure et serre fortement, mais sans inciser l'enveloppe intérieure.	Médiocre. Très bon. Id. Id.	Le coup n'a rien détaché, mais a rendu l'abatage au pic plus facile. Couche mal planchée. Charbon assez gros. Beaucoup de gros.
On ôte l'enveloppe extérieure, incise l'autre et serre fortement.	Médiocre. Très bon. Mauvais. Id. Id. Id.	Rien n'est tombé sur le coup. La purge donne 1 tonne charbon menu. Il reste un culot. 2',5 charbon barré et menu. Rien n'est tombé sur le coup. La purge donne 0',5. Il reste un culot. Idem. Idem. Rien n'est tombé sur le coup. La purge donne 0',250.
On ôte l'enveloppe extérieure et serre fortement au fond du trou.	Id. Assez bon. Mauvais. Très bon. Bon. Très bon. Id. Id.	Faible détonation. Les cartouches ont brûlé sans détoner. Quelques fissures facilitant peu l'abatage. 2 tonnes charbon. Beaucoup de gros. 2 tonnes charbon assez gros. 4 tonnes charbon. Couche bien planchée. 2 tonnes charbon menu. 5 tonnes charbon, dont 1',500 de pérat.
On introduit les cartouches avec leur double enveloppe et serre fortement au fond du trou.	Bon. Médiocre. Très bon. Id. Id. Id.	2 tonnes charbon barré. 1 tonne charbon menu. Le coup n'a pas abattu le charbon sur la sous-cave, mais a seulement agi en avant. 3 tonnes charbon assez gros. 2 tonnes charbon assez gros. 2',500 charbon assez gros. 2',500 charbon assez gros.

TABLEAU

10 Binitrobenzine, 90 Azotate.

NUMÉ- ROS d'ordre	DATE	DÉSI- GNATION du chantier	ÉTAT DE PRÉPARATION du chantier	PROFON- DEUR du trou	DIAMÈ- TRE du trou	NOMBRE de car- touches de 50 gr.	NATURE de l'amorce
58	22 oct.	M	Grande sous-cave.	met. 1,10	millim. 30	3	R
59	"	id.	id.	1,10	30	4	id.
60	"	id.	Rebanché.	0,75	30	1	id.
61	25 oct.	id.	Sous-cave moyenne.	1,00	30	3	id.
62	29 oct.	id.	id.	1,10	45	3	id.
63	"	id.	Grande sous-cave.	1,10	45	3	id.
64	"	id.	id.	0,90	45	2	id.
65	"	id.	id.	1,00	45	2	id.
66	2 nov.	id.	Sous-cave de 1 ^m ,30.	1,15	30	3	id.
67	"	id.	Sous-cave de 1 ^m ,50	1,00	30	3	id.
68	"	id.	Sous-cave de 1 ^m ,00	1,10	30	3	id.
69	9 nov.	T	Sous-cave de 0 ^m ,80	0,85	45	3	id.
70	"	M	Grande sous-cave.	1,02	30	3	id.
71	"	T	Rebanché.	1,06	45	3	id.
72	"	M	Grande sous-cave.	1,04	45	3	id.
73	14 nov.	G. T	Sous-cave de 0 ^m ,50 × 2 m.	1,05	45	3	id.
74	"	T	Sous-cave de 1 ^m ,20 × 3 m.	1,04	45	3	id.
75	17 nov.	G. T	Sous-cave de 0 ^m ,60.	1,14	30	3	id.
76	19 nov.	id.	Grande sous-cave.	0,90	45	3	id.
77	"	id.	id.	1,15	45	3	id.
78	"	id.	id.	1,00	45	3	id.

TABLEAU

30 Dynamite, 70 Azotate.

79	24 oct.	T. B	Nature du rocher. Gore dur.	0,60	30	1	O
80	26 oct.	E	Grès assez dur.	0,75	30	1	R
81	31 oct.	id.	id.	0,50	30	1	O
82	"	id.	Grès très dur.	0,50	30	1	id.

TABLEAU

15 Coton, 85 Azotate.

83	20 nov.	T. B	Gore dur.	0,47	30	1	R
84	id.	id.	id.	0,45	30	1	id.

TABLEAU

10 Binitrobenzine, 90 Azotate.

85	25 oct.	E	Grès assez dur.	0,75	30	1	R
86	id.	T. B	Gore.	0,75	30	1	id.

C.

— Travail au charbon.

MODE DE CHARGEMENT	RÉSULTAT obtenu	OBSERVATIONS
On introduit les cartouches avec leur double enveloppe.	Mauvais. Très bon. Néant. Bon.	
On ôte l'enveloppe extérieure et serre fortement les premières cartouches au fond du trou.	Mauvais. Médiocre. Bon. Très bon. Mauvais. Néant. Assez bon. Très bon. Id. Très mauv. Néant. Mauvais.	Très peu de charbon abattu; une seule cassure. Il a fallu un coup de poudre pour achever l'abatage. Charbon en très gros blocs. Beaucoup de gros. Très peu de charbon abattu. Quelques cassures facilitant peu l'abatage. L'amorce seule a détoné. La matière explosive avait pris l'aspect de la cire. Le coup a produit des cassures facilitant l'abatage. 2 tonnes de charbon assez gros. 2 tonnes de charbon barré et menu. Quelques fissures seulement. La capsule seule a détoné. La matière explosive a pris l'aspect de la cire. Le papier n'a pas brûlé. Le coup n'a pas abattu le charbon sur la sous-cave. Il a seulement projeté un cône de charbon en avant.
On introduit les cartouches avec leur double enveloppe.	Assez bon. Assez bon. Très bon. Id. Id.	Rien n'est tombé sur le coup. La purge donne 2 tonnes charbon gréleux. 1 tonne charbon menu. 2 tonnes de charbon, dont 1 ¹ / ₅ de pérat. 2 ¹ / ₅ de charbon. Beaucoup de gros. 2 tonnes de charbon. Beaucoup de gros.

A'.

Travail au rocher.

On introduit la cartouche avec sa double enveloppe.	Assez bon. Bon. Id. Id.	Ce coup casse le rocher sans l'abattre complètement. Effet équivalent à celui de 80 à 90 grammes de poudre noire. Effet équivalent à celui de 160 grammes de poudre. Idem.
---	----------------------------------	--

B'.

Travail au rocher.

On introduit la cartouche avec sa double enveloppe.	Très bon. Id.	Effet équivalent à celui de 160 grammes de poudre. Idem.
---	------------------	---

C.

Travail au rocher.

On introduit la cartouche avec sa double enveloppe.	Très bon. Bon.	
---	-------------------	--

IV. — MINES DE RONCHAMP.

Expériences sur les explosifs envoyés par la poudrerie de Sevrans-Livry.

Ces expériences ont été faites dans un travers-bancs de la recherche Sud du puits du Magny. Elles avaient pour but de comparer le pouvoir brisant de ces explosifs dits atténués à celui de la dynamite n° 1.

Comme nous n'avions à notre disposition qu'une assez faible quantité de chacun des explosifs (environ 5 kilog.), les tâtonnements nous étaient interdits. Aussi avons-nous pensé que le mieux était de ne rien changer à la manière dont nous menons ordinairement un chantier au rocher; profondeur, position, nombre des trous de mine, tout est resté dans les mêmes conditions.

Quant à la charge, on a remplacé le poids de dynamite n° 1 habituellement employé par un poids égal d'explosif atténué.

Le bourrage a été fait comme de coutume avec 5 à 8 centimètres d'argile; enfin, pour l'amorçage, on s'est servi des capsules dites extra-fortes de la Société générale de fabrication de la dynamite.

Le front de taille était sur toute sa hauteur dans des schistes compacts; l'inclinaison des bancs n'étant que de quelques centimètres, les expériences ayant été faites presque simultanément, on peut admettre qu'au point de vue de la facilité d'abatage le chantier est resté constamment dans les mêmes conditions.

En examinant les travaux récapitulatifs des expériences, on voit qu'au point de vue du pouvoir brisant on peut classer les explosifs essayés de la façon suivante :

Dynamite n° 1.	10
N° 1. { 30 parties de dynamite n° 1.	9,7
{ 70 — d'azotate d'ammoniaque.	
N° 2. { 40 parties de binitrobenzine	9,5
{ 90 — de nitrate d'ammoniaque.	
N° 3. { 15 parties de coton-poudre	7,9
{ 85 — d'azotate d'ammoniaque.	

Les n° 1 et 2 paraissent différer très peu de la dynamite n° 1. Cependant, il faut tenir compte de ce que l'abatage s'est fait dans des conditions particulièrement faciles pour deux causes : 1° pré-

sence de deux coupes au front de taille; 2° faible dureté des terrains.

Des essais dans des bancs plus durs seraient certainement plus concluants; les explosifs resteraient classés dans le même ordre, mais il est probable que chacun d'eux serait affecté d'un coefficient sensiblement plus faible.

Ajoutons, pour terminer, que les fumées de ces explosifs provoquent une toux assez forte et paraissent (surtout celles du n° 3), plus pénibles à respirer que celles de la dynamite n° 1.

Nota. — Pour l'allumage, on s'est servi de la fusée dite de sûreté.

Ronchamp, 3 décembre 1888.

Expérience n° 1. — Composition de l'explosif n° 1. { 30 parties de dynamite n° 1. }
 { 70 — d'azotate d'ammoniaque. }

	NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des culots mètres	CUBE massif enlevé m. cub.	POIDS des débris abattus kilogr.	OBSERVATIONS
1 ^{re} volée.	4	1,20 1,00 1,05 1,00	1 10	0,300 0,200 0,300 0,250	0,30 0,40 " 0,20	0,930	2,760	Les 4 coups sont montants. On évalue le front de taille.
2 ^e —	4	0,90 1,00 1,00 1,00	1 5	0,300 0,300 0,300 0,300	0,30 0,60 " 0,10	1,396	4,140	4 coups montants.
3 ^e —	4	0,80 0,90 0,80 0,80	1 "	0,250 0,250 0,250 0,250	0,30 0,40 0,20 0,20	1,163	3,430	1 coup montant. 3 coup de fond.
4 ^e —	4	0,95 0,85 1,00 0,95	1 "	0,250 0,300 0,300 0,300	" 0,15 0,40 0,15	1,396	4,140	4 coups montants.
Totaux.	16	15,20	4 15	4,450	3,45	4,885	14,490	Rapport du cube massif enlevé au poids d'explosif consommé. . . } = 1,098.

Expérience n° 2. — Composition de l'explosif n° 2. { 10 parties de binitrobenzine.
90 — d'azotate d'ammoniaque.

	NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des culots mètres	CUBE masif enlevé m. cub.	POIDS des débris abattus kilogr.	OBSERVATIONS
1 ^{re} volée.	4	1,00 1,00 1,00 0,80 3,80	1	0,300 0,300 0,300 0,300 1,200	0,30 0,20 " } 0,50 "	1,163	3.450	3 coups montants. 1 coup de fond.
2 ^e —	4	0,90 1,00 1,00 0,95 3,85	1	0,300 0,300 0,300 0,300 1,200	0,40 0,40 0,40 " } 1,20 "	1,163	3.450	1 coup montant. 2 coups de fond.
3 ^e —	4	0,85 0,75 0,90 1,00 3,40	1	0,250 0,250 0,300 0,300 1,100	0,50 0,40 " } 1,00 0,10	1,163	3.450	4 coups montants.
4 ^e —	4	0,60 1,00 0,70 0,95 3,25	1	0,300 0,300 0,250 0,250 1,000	Pas de culot.	1,396	4.140	4 coups de fond.
Totaux.	16	14,30	4	4,500	2,70	4,885	14.490	Rapport du cube massif enlevé au poids d'explosif consommé. . . } = 1,055.
					Soit 19 p. 100 de la longueur totale des trous.			

Expérience n° 3. — Composition de l'explosif n° 3. } 15 parties de coton-poudre.
85 — de nitrate d'ammoniaque.

	NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des culots mètres	CUBE massif enlevé m. cub.	POIDS des déblais abattus kilogr.	OBSERVATIONS
1 ^{re} volée	4	1,00 } 1,00 } 3,80 0,90 } 0,90 }	1 15	0,300 } 0,300 } 1,200 0,300 } 0,300 }	0,30 } 0,30 } 1,30 0,30 } 0,40 }	0,930	2.760	Les 4 coups sont montants.
2 ^e —	4	0,90 } 1,00 } 3,60 0,90 } 0,90 }	1 10	0,300 } 0,300 } 1,150 0,250 } 0,300 }	0,40 } 0,45 } 1,15 0,20 } 0,10 }	0,930	2.760	3 coups montants. 2 coups de fond.
3 ^e —	4	0,90 } 0,90 } 3,70 1,00 } 0,90 }	1	0,300 } 0,300 } 1,200 0,300 } 0,300 }	0,45 } 0,40 } 1,55 0,40 } 0,30 }	1,163	3.450	3 coups montants. 1 coup de fond.
4 ^e —	4	0,85 } 0,80 } 3,25 0,80 } 0,80 }	1	0,300 } 0,250 } 1,100 0,250 } 0,300 }	0,20 } 0,20 } 0,40 " } " }	1,163	3.450	2 coups montants. 2 coups de fond.
Totaux.	16	14,35	4 25	4,650	4,40	4,186	12.420	Les roches abattues sont en fragments plus gros. Rapport du cube massif enlevé au } poids d'explosif consommé. . . } = 0,900.

Expérience n° 4. — Dynamite n° 1.

	NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des culots mètres	CUBE massif enlevé m. cub.	POIDS des débris abatius kilogr.	OBSERVATIONS
1 ^{re} volée	4	1,00 0,90 1,00 1,00	1 25	0,320 0,320 0,400 0,400	Pas de culot.	1,386	4,140	Les 4 coups sont montants. On éventre le chantier.
2 ^e —	4	1,00 1,00 0,80	1	0,400 0,400 0,300	Pas de culot.	1,860	5,520	3 coups de fond. 1 coup montant.
3 ^e —	4	0,90 0,90 0,85 1,00	1 5	0,320 0,320 0,320 0,400	Pas de culot.	1,628	4,830	4 coups montants.
4 ^e —	4	0,90 0,70 0,90 0,80	1 15	0,320 0,320 0,400 0,400	Pas de culot.	1,628	4,830	2 coups de fond. 1 coup horizontal. 1 coup montant.
Totaux.	16	14,65	4 45	5,740	Néant.	6,512	19 330	Rapport du cube massif enlevé au poids d'explosif consommé. . . = 1,134.

DEUXIÈME SÉRIE D'ESSAIS.

I. — MINES D'ANZIN.

Rapport sur les essais faits avec les mélanges explosifs suivants, envoyés par la poudrerie de Sevrans-Livry.

1° Mélange de 20 p. 100 d'azotate cuproammonique et 80 p. 100 d'azotate d'ammon.	
2° Mélange de 70 p. 100 d'azotate cuproammonique et 30 p. 100	—
3° Mélange de 5 p. 100 de naphthaline et 95 p. 100	—
4° Mélange de 20 p. 100 de dynamite n° 1 et 80 p. 100	—

Avant de faire les essais pratiques, on a fait d'abord quelques expériences préliminaires pour se rendre compte de la force explosive de chacun des quatre mélanges à essayer. Ces expériences ont consisté à faire détoner 10 grammes de chaque substance dans des cubes de plomb de 200 millimètres de côté. Les cubes de plomb étaient percés, suivant l'axe vertical, d'un trou cylindrique de 12 millimètres de diamètre et d'une longueur variable, de manière à assurer 50 millimètres de bourrage au-dessus de 10 grammes d'explosif. Le mélange à essayer était bourré soigneusement dans le trou; au-dessus on plaçait une capsule contenant 1^{re},50 de fulminate de mercure, puis on remplissait le trou avec du sable fin bien sec. Ces expériences, plusieurs fois répétées, ont donné chaque fois le même résultat pour le même mélange, ce qui indique que ces essais sont parfaitement comparables pour la même substance explosive; mais pour des composés de natures différentes, ayant chacun un mode de décomposition particulier, les résultats ne sont plus comparables entre eux qu'avec une certaine approximation.

A la suite de ces essais, on a dressé le tableau suivant des forces explosives de chacun de ces mélanges, en admettant que les volumes des cavités produites sont proportionnels à la puissance desdits explosifs; la force explosive de la dynamite-gomme étant comptée 100.

Tableau.

EXPLOSIFS ESSAYÉS	LONGUEUR des bourrages	LONGUEUR des trous	VOLUME avant l'explosion	VOLUME après l'explosion	PUISSANCE explosive
	millim.	millim.	cm ³	cm ³	
Dynamite-gomme	50	120	13,50	369,25	100,00
20 p. 100 azotate cuproammonique	50	140	15,75	162,50	44,01
80 p. 100 azotate d'ammoniaque	50	140	15,75	217,00	58,77
70 p. 100 azotate cuproammonique	50	140	15,75	217,00	58,77
30 p. 100 azotate d'ammoniaque	50	140	15,75	217,00	58,77
5 p. 100 naphthaline	50	130	14,62	248,00	67,16
95 p. 100 azotate d'ammoniaque	50	130	14,62	248,00	67,16
20 p. 100 dynamite n° 1	50	150	16,87	191,50	51,86
80 p. 100 azotate d'ammoniaque	50	150	16,87	191,50	51,86

Les essais pratiques ont consisté à faire jouer des mines pour le creusement des voies dans les couches minces. Les charges d'explosifs variaient de 100 à 600 grammes. On a comparé les charges employées avec celles que l'on aurait employées avec la dynamite-gomme et on a déduit que, pour un même poids, la force explosive du mélange essayé est tant pour 100 de celle de la dynamite-gomme.

Quelques-uns de ces mélanges détonent très difficilement; plusieurs fois, après avoir mis le feu à la mine, on a entendu une détonation, mais la mine n'était pas débourrée et le terrain était resté intact. L'explosion indique que la capsule de fulminate a détoné et probablement, avec elle, une partie du mélange. Le débouillage des mines étant interdit, on n'a pu se rendre compte de la quantité d'explosif qui avait détoné avec la capsule. Dans le rapport et dans le procès-verbal, on a indiqué ce cas sous le nom de détonation partielle sans débouillage.

D'autres fois, on entendait également une détonation, le terrain était resté intact, mais la mine était débourrée; une partie du mélange à essayer était restée sans détoner au fond du trou. On a indiqué ce cas particulier sous le nom de détonation partielle avec débouillage.

Pour les mélanges qui détonent difficilement, on a pensé que les replis de papier qui se trouvent aux extrémités des cartouches pouvaient être un obstacle à la propagation de l'onde explosive; quelquefois, en effet, cette épaisseur de papier atteint 6 milli-

mètres à une extrémité, et bien souvent on a enlevé ce papier, de manière que l'explosif forme un cylindre continu dans le trou de mine. On a indiqué cette manière de faire en disant que les cartouches étaient décachetées.

Voici les résultats de ces expériences :

1° Mélange composé de 20 p. 100 d'azotate cuproammonique et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

Sur deux mines où la détonation a été provoquée par une capsule contenant 1^{re},50 de fulminate de mercure, on n'a obtenu chaque fois qu'une détonation partielle sans débouillage. Les cartouches étaient décachetées.

Sur deux autres mines, où la détonation a été provoquée pour chaque mine, par deux capsules juxtaposées contenant ensemble 3 grammes de fulminate, on a obtenu une détonation partielle sans débouillage et une détonation partielle avec débouillage. Les cartouches étaient aussi décachetées.

Ce mélange paraît détoner complètement lorsqu'on se sert d'une cartouche de dynamite-gomme ou de dynamite n° 1 comme cartouche-amorce, avec une capsule contenant 0^{re},75 de fulminate de mercure.

C'est en faisant jouer plusieurs mines dans ces conditions que l'on a trouvé que la force explosive de ce mélange était 54 p. 100 de celle de la dynamite-gomme.

2° Mélange composé de 70 p. 100 d'azotate cuproammonique et 30 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

Sur trois mines où la détonation a été provoquée par une capsule contenant 1^{re},50 de fulminate de mercure, deux mines ont bien joué et la troisième a donné une détonation partielle sans débouillage.

Sur quatre mines où la détonation a été provoquée, pour chaque mine, par deux capsules contenant ensemble 3 grammes de fulminate de mercure, trois mines ont bien joué, mais la quatrième a donné une détonation partielle sans débouillage.

En se basant sur les cinq mines qui ont bien joué, on trouve que la force explosive du mélange est 57,60 p. 100 de celle de la dynamite-gomme.

Ce mélange paraît détoner chaque fois bien complètement, en se servant d'une cartouche de dynamite-gomme comme cartouche-amorce.

Dans les sept expériences ci-dessus, les cartouches ont été décachetées.

Après l'explosion, les fumées sont très épaisses et irritent les muqueuses des yeux et du nez.

L'azotate cuproammonique contient 24,85 p. 100 de cuivre et, comme le mélange renferme 70 p. 100 de cet azotate, il s'ensuit qu'il contient 17,40 p. 100 de cuivre. Après l'explosion, ce cuivre se trouve probablement en suspension dans l'atmosphère, à l'état de poussière d'oxyde de cuivre (la décomposition donne un excès d'oxygène), lesquelles poussières seront respirées par les ouvriers et pourront produire des accidents.

*3° Mélange composé de 5 p. 100 de naphthaline
et 95 p. 100 d'azotate d'ammonique.*

Ce mélange détone très difficilement.

Les cartouches ont toujours été décachetées.

Sur cinq mines où la détonation a été provoquée par une capsule contenant 1^{er},50 de fulminate de mercure, deux mines ont donné des détonations partielles sans débourrage, et les trois autres mines des détonations partielles avec débourrage.

Sur deux nouvelles mines où la détonation a été provoquée, pour chaque mine, par trois capsules contenant ensemble 4^{es},50 de fulminate de mercure, on n'a encore obtenu que des détonations partielles sans débourrage.

Dans l'une de ces mines, il restait 400 grammes du mélange au fond du trou (sur 600 grammes que contenait la charge); on a rechargé par-dessus deux cartouches de dynamite-gomme et une capsule de 0^{es},75; la mine a bien joué; cependant, en débloyant, on a retrouvé des morceaux du mélange qui n'avaient pas détoné. Le plus gros de ces fragments pesait 8 grammes et, à la surface, le mélange était fondu. Ce fait marque le peu d'aptitude à la détonation de cet explosif.

En plaçant 100 ou 200 grammes de ce mélange dans des charges de 300 grammes au moins de dynamite-gomme, on a pu arriver à la détonation complète et déduire que sa force explosive était 72 p. 100 de celle de la dynamite-gomme.

*4° Mélange composé de 20 p. 100 de dynamite n° 1
et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.*

On a constaté, dans plusieurs cartouches, que le mélange était très mal fait. Les grains d'azotate d'ammoniaque n'avaient pas

plus de 1 millimètre d'épaisseur, mais les grains de dynamite n° 1 avaient jusqu'à 7 millimètres d'épaisseur.

Ce mélange détone franchement avec des capsules contenant 1^{er},50 de fulminate de mercure et aussi avec des capsules contenant 0^{er},75.

La force explosive, pour les mines chargées de moins de 500 grammes, est de 64,10 p. 100 de celle de la dynamite-gomme.

Ce mélange donne moins de fumées que les différentes dynamites.

OBSERVATIONS GÉNÉRALES.

Sur les quatre mélanges essayés, deux manquent d'aptitude à la détonation et doivent être mis de côté pour ce fait. Ces deux mélanges sont : 1° celui composé de 20 p. 100 d'azotate cupro-ammonique et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque, et 2° le mélange de 5 p. 100 de naphtaline et 95 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

Le troisième mélange, composé de 70 p. 100 d'azotate cupro-ammonique et 30 p. 100 d'azotate d'ammonique, n'a détoné complètement que 5 fois sur 7; c'est également un manque d'aptitude à la détonation et, de plus, il y a lieu de voir s'il n'est pas aussi à rejeter à cause de la forte proportion de cuivre qu'il contient et de l'action fâcheuse que ces poussières de cuivre exercent sur l'organisme des ouvriers.

Le quatrième mélange, composé de 20 p. 100 de dynamite n° 1 et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque, est le seul qui soit réellement pratique.

Ces explosifs étaient en cartouches de 50 et de 100 grammes. Les cartouches de 50 grammes avaient 30 millimètres de diamètre et, en moyenne, 115 millimètres de longueur; celles de 100 grammes avaient 33 millimètres de diamètre et, en moyenne, 180 millimètres de longueur, ce qui fait gagner 50 millimètres de longueur pour 100 grammes et permet, en ne se servant que de cartouches de 100 grammes, d'augmenter la densité de chargement de $\frac{50}{2 \times 115} = 21$ p. 100 sur le cas où l'on n'emploie que les cartouches de 50 grammes.

Les cartouches de 100 grammes devraient comprendre 90 p. 100 de la commande, et celles de 50 grammes seulement 10 p. 100. Toutes devraient avoir 33 millimètres de diamètre.

CONCLUSIONS.

Il ne reste donc plus en présence que les trois explosifs essayés il y a quelques mois, savoir :

1° 10 p. 100 de binitrobenzine et	90 p. 100 d'azotate d'ammoniaque ;
2° 15 p. 100 de coton-poudre octonitrique et 85 p. 100	—
3° 30 p. 100 de dynamite n° 1 et	70 p. 100 —

et l'un des nouveaux mélanges, celui qui est composé de :

20 p. 100 de dynamite n° 1 et 70 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

D'après les expériences de la Commission des substances explosives, ce dernier mélange donne plus de sécurité que le précédent et, comme il a paru réellement pratique, il y aurait lieu de l'essayer dans une fosse pendant plusieurs mois et sur une assez grande échelle.

Les mélanges de binitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque, de coton-poudre et d'azotate d'ammoniaque, ont été reconnus également très pratiques, mais ont été mis quelquefois en défaut dans les expériences de la Commission des substances explosives.

Il est bon de rappeler que ces explosifs ne peuvent pas être employés avantageusement pour des charges supérieures à 500 grammes et que la dynamite-gomme et la dynamite n° 1 seront toujours conservées pour les travaux nécessitant l'emploi de ces fortes charges comme les bowettes à la perfection mécanique, les creusements de puits, etc.

Les nouveaux explosifs seraient réservés pour les travaux courants d'exploitation, comme le creusement des voies dans les couches minces, le creusement des plans inclinés et l'abatage de la houille dans les mines où ce travail se fait encore à la poudre. Ces travaux sont d'ailleurs ceux qui présentent le plus de danger au point de vue du grisou.

15 février 1889.

Procès-verbal des expériences faites sur les mélanges explosifs suivants, envoyés par la poudrerie de Sevran-Livry.

1° 20 pour 100 d'azotate cuproammonique et	80 pour 100 d'azotate d'ammoniaque ;
2° 70 pour 100 d'azotate cuproammonique et	30 pour 100 —
3° 5 pour 100 de naphthaline et	95 pour 100 —
4° 20 pour 100 de dynamite n° 1 et	80 pour 100 —

Tableau des expériences faites sur le mélange composé de :
20 pour 100 d'azotate cuproammonique et 80 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.

NUMÉROS des expériences.	DÉSIGNATION des voies où ont eu lieu les expériences	LONGUEUR DU TROU de mine	HAUTEUR DU TERMAIN à emporter	LONGUEUR du bourrage	CHARGE qu'on aurait employée avec la dynamite- gomme				CHARGE EMPLOYÉE avec l'explosif à essayer				NATURE des résultats	OBSERVATIONS
					Poids en dyn.-gom.	Nombre de capsules	Poids du fulminate	gr.	Poids de l'explosif	Poids de dyn.-gom.	Nombre de capsules	Poids du fulminate		
	<i>Fosse Renard n° 2.</i>	mm.	mm.	mm.	gr.		gr.		gr.	gr.		gr.		
1	12° voie. Le Bret, couchant.	950	750	400	144	1	0,75	350	"	1	1,50	1,50	Mauvais.	Détonation partielle, sans débouillage. (Voir le rapport pour explication.)
2	13° voie. Le Bret, couchant.	1.000	700	500	144	1	0,75	300	"	1	1,50	1,50	Mauvais.	Détonation partielle, sans débouillage.
3	3° voie. Le Bret, couchant.	1.050	800	500	180	1	0,75	350	"	2	3,00	3,00	Mauvais.	Détonation partielle, sans débouillage.
4	2° voie. Le Bret, couchant.	1.100	750	450	216	1	0,75	400	"	2	3,00	3,00	Mauvais.	Détonation partielle, sans débouillage.
5	14° voie. Le Bret, couchant.	920	800	500	180	1	0,75	900	72	1	1,50	1,50	Bon.	Dans ces expériences 5, 6, 7, on a provoqué la détonation du mélange avec de la dynamite-gomme et, dans ces essais, 200 + 500 + 300 = 1.000 gr. du mélange à essayer ont remplacé (180 + 72) + (504 + 216) + (288 + 144) = 540 gr. de dynamite-gomme.
6	1° voie. Le Bret, couchant.	1.220	1.000	280	504	1	0,75	500	216	1	1,50	1,50	Bon.	La force du mélange est donc $\frac{540}{1000} \times 100 =$
7	1° voie. Zoé, couchant. . .	1.050	900	500	288	1	0,75	300	144	1	1,50	1,50	Bon.	54 p. 100 de celle de la dynamite-gomme.

Tableau des expériences faites sur le mélange composé de :
70 pour 100 d'azotate cuproammonique et 30 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.

NOMENCLATURE	DESIGNATION des voies où ont eu lieu les expériences	LONGUEUR DU TROU de mine en mm.	HAUTEUR DU TERRAIN à emporter en mm.	CHARGE qu'on aurait employée avec la dynamite- gomme.			CHARGE EMPLOYÉE avec l'explosif à essayer			NATURE des résultats	OBSERVATIONS
				Poids en dyn.-gomm.	Nombre de capsules	Poids du fulminate en gr.	Poids de l'explosif en gr.	Poids de dyn.-gomm.	Nombre de capsules		
1	Fosse Renard n° 2.	1.000	750	144	1	0,75	250	1	1,50	Mauvais.	Détonation partielle sans débourrage.
2	1 ^{re} voie. Le Bret, couchant.	1.040	650	450	1	0,75	400	1	1,50	Bon.	Dans les expériences 2, 3, 5, 6, 7, qui ont donné de bons ré- sultats, 400 + 100 + 100 + 250 + 100 = 1.250 gr. du mélange à essayer ont remplacé 216 + 72
3	4 ^{re} voie. Le Bret, levant. . .	350	400	200	1	0,75	100	1	1,50	Bon.	+ 72 + 144 + 216 = 720 gr. de dynamite-gomme. La force explosive du mélange est donc
4	3 ^{re} voie. Le Bret, en retour.	950	900	400	1	0,75	350	2	3,00	Mauvais.	720
5	Voie montante.	400	350	250	1	0,75	100	2	3,00	Bon.	$\frac{720}{120} \times 100 = 37,6$ pour 100 de celle de la dynamite-gomme.
6	2 ^e voie. Le Bret, couchant.	900	750	450	1	0,75	250	2	3,00	Bon.	Dans ces expériences, 8, 9, 10, on a provoqué l'explosion avec la dynamite-gomme et, dans ces essais, 100 + 300 + 250 = 650 gr. du mélange à es- sayer ont remplacé 72 + 144 + 144 = 360 gr. de dynamite-gom- me. La force explosive du mé- lange est donc $\frac{360}{650} \times 100 = 55,4$ p. 100 de celle de la dynamite- gomme.
7	14 ^e voie. Le Bret, en retour.	1.020	700	400	1	0,75	400	2	3,00	Très bon.	
8	6 ^e voie. Le Bret, couchant.	950	700	650	1	0,75	100	1	0,75	Bon.	
9	7 ^e voie. Le Bret, couchant.	1.100	900	500	1	0,75	300	1	0,75	Très bon.	
10	14 ^e voie. Le Bret, couchant.	1.000	800	450	1	0,75	250	1	0,75	Bon.	

Tableau des expériences faites sur le mélange composé de :
5 pour 100 de naphthaline et 95 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.

NUMÉROS des expériences	DÉSIGNATION des voies où ont eu lieu les expériences	LONGUEUR DU TROU		HAUTEUR DU TERRAIN à emporter		LONGUEUR		CHARGE qu'on aurait employée avec la dynamite- gomme			CHARGE EMPLOYÉE avec l'explosif à essayer					NATURE des résultats	OBSERVATIONS
		mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	mm.	Poids en dyn.-gom.	Nombre de capsules	Poids du fulminate	gr.	Poids de l'explosif	Poids de dyn.-gom.	Nombre de capsules	Poids du fulminate		
<i>Fosse Renard n° 2.</i>																	
1	1 ^{re} voie. Zoé, couchant...	1.200	700	600	252	1	0,75	350	gr.	350	"	1	1,50	Mauvais.	Détonation partielle, sans débouillage.	Déton. partielle, avec débouillage. Il restait 100 gr. d'explosif au fond du trou de mine.	
2	2 ^e voie. Zoé, couchant...	900	850	400	216	1	0,75	300	"	300	"	1	1,50	Mauvais.	Déton. partielle, avec débouillage. Il restait 150 gr. d'explosif au fond du trou de mine.	Détonation partielle, avec débouillage. La cartouche-amorce était au milieu de la charge, une demi-cartouche de 100 gr. a été projetée en dehors du trou. A la surface, mélange fondu.	
3	2 ^e voie. Zoé, couchant...	900	850	400	216	1	0,75	300	"	300	"	1	1,50	Mauvais.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 150 gr. d'explosif au fond du trou de mine.	Détonation partielle, avec débouillage. La cartouche-amorce était au milieu de la charge, une demi-cartouche de 100 gr. a été projetée en dehors du trou. A la surface, mélange fondu.	
4	3 ^e voie. Zoé, couchant...	1.180	1.000	400	360	1	0,75	550	"	550	"	1	1,50	Mauvais.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 400 gr. au fond du trou. Pour l'expérience 7, on a rechargé dessus 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, sans débouillage.	
5	1 ^{re} voie. Le Bret, levant...	1.050	700	500	216	1	0,75	350	"	350	"	1	1,50	Mauvais.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 400 gr. au fond du trou. Pour l'expérience 7, on a rechargé dessus 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, sans débouillage.	
6	1 ^{re} voie descendante. Zoé.	1.200	1.000	350	396	1	0,75	600	"	600	"	3	4,50	Mauvais.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, sans débouillage.	
7	1 ^{re} voie descendante. Zoé.	1.200	1.000	450	396	1	0,75	400	144	144	1	0,75	Assez bon.	On a retrouvé, en déblayant, des fragments du mélange dont le plus gros pesait 8 gr.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, sans débouillage.	
8	1 ^{re} voie retour. Zoé.	1.200	850	400	324	1	0,75	500	"	500	"	3	4,50	Mauvais.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.
9	1 ^{re} voie retour. Zoé.	1.200	850	500	324	1	0,75	300	144	144	1	0,75	Bon.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	Détonation partielle, avec débouillage. Il restait 200 gr. au fond du trou. On a rechargé dessus, pour l'expérience 9, 100 gr. du mélange et 144 gr. de dynamite-gomme.	

Dans plusieurs mines contenant au moins 250 grammes de dynamite-gomme, on a placé 100 ou 200 grammes de ce mélange et l'on a trouvé que la force explosive était 75 pour 100 de celle de la dynamite-gomme.

Dans plusieurs mines contenant au moins 250 grammes de dynamite-gomme, on a placé 100 ou 200 grammes de ce mélange et l'on a trouvé que la force explosive était 73 pour 100 de celle de la dynamite-gomme.

Tableau des expériences faites sur le mélange composé de :

20 pour 100 de dynamite n° 1 et 80 pour 100 d'azotate d'ammoniaque.

NUMÉROS des expériences	DÉSIGNATION des voies où ont eu lieu les expériences	LONGUEUR DU TROU de mine mm.	HAUTEUR DU TERRAIN à emporter mm.	LONGUEUR DU BOURRAGE mm.	CHARGE qu'on aurait employée avec la dynamite- gomme				CHARGE EMPLOYÉE avec l'explosif à essayer				NATURE des résultats	OBSERVATIONS
					Poids en dyn.-gomme	Nombre de capsules	Poids du fulminate	gr.	Poids de l'explosif	Poids de dyn.-gomme	Nombre de capsules	Poids du fulminate		
1	Fosse Renard n° 2. 7° voie. Le Bret, couchant.	1.100	850	600	444	1	0,75	250	gr.	1	1,50	gr.	Bon.	Dans toutes ces expériences, qui ont donné de bons résultats, 250 + 150 + 350 + 350 + 350 = 2.000 gr. du mélange à essayer, ont remplacé 144 + 108 + 216 + 216 + 252 + 360 = 1.286 gr. de dynamite-gomme. La force explosive du mélange est donc $\frac{1286}{2000} \times 100 = 64,8$ p. 100 de celle de la dynamite-gomme.
2	7° voie. Le Bret, couchant.	1.150	500	850	408	1	0,75	150	gr.	1	1,50	gr.	Bon.	
3	11° voie. Le Bret, couchant.	1.000	800	400	216	1	0,75	350	gr.	1	0,75	gr.	Bon.	
4	12° voie. Le Bret, couchant.	1.100	800	450	216	1	0,75	350	gr.	1	0,75	gr.	Bon.	
5	14° voie. Le Bret, couchant.	1.100	900	450	252	1	0,75	350	gr.	1	0,75	gr.	Bon.	
6	Bouette du levant	1.100	900	300	300	1	0,75	550	gr.	1	0,75	gr.	Bon.	

15 février 1889.

II. — MINES DE FIRMINY.

Rapport sur une deuxième série d'essais pratiques faits aux mines de houille de Firminy, à la demande de la Commission des substances explosives.

Nous avons essayé les mélanges explosifs désignés ci-dessous :

N° 1. — 20 parties d'azotate cupro-ammonique et 80 parties d'azotate d'ammoniaque.			
N° 2. — 70 — id.	30 —	id.	
N° 3. — 5 — de naphthaline	95 —	id.	
N° 4. — 20 — de dynamite	80 —	id.	

Les essais ont été faits dans les mêmes travaux et dans les mêmes conditions que ceux qui ont fait l'objet de notre rapport du 29 novembre dernier.

Les résultats en sont résumés dans les tableaux ci-après.

Les difficultés et les inconvénients sont les mêmes que ceux indiqués pour les explosifs essayés précédemment. Les ouvriers se sont plaints, en outre, de la mauvaise odeur, qui persiste longtemps après le tir; quelquefois même, ils ont eu mal à la tête et aux yeux.

Nous n'avons pu faire détoner les explosifs n° 1 et 3, avec les amorces renforcées, à 4^u,5 de fulminate. Dans les premières expériences, les cartouches étaient fortement tassées; dans les suivantes, elles ne l'étaient que légèrement; dans tous les cas le trou était bien bourré; le résultat a toujours été négatif.

Avec la matière n° 2, quand on emploie des cartouches de 50 grammes, la cartouche amorcée détone seule; on retrouve les autres intactes.

Dans le travail au charbon, 200 grammes des explosifs n^{os} 2 et 4 produisent à peu près le même résultat que 330 grammes de poudre noire en grains ou 85 grammes de dynamite-gomme.

L'état de division du charbon abattu est généralement le même qu'avec la dynamite et à peu près le même qu'avec la poudre noire.

Firminy, le 9 mars 1889.

Signé : VOISIN.

78 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

NUMÉROS d'ordre	DATE	DÉSIGNATION du chantier	ÉTAT DE PRÉPARATION du chantier	PROFONDEUR du trou	DIAMÈTRE du trou	CHARGE		NATURE de l'amorce
						Nombre de carouches	Poids total	
Explosif n° 1.								
1	1889 16 janv.	Niveau en travers.	Grande sous-cave.	mètr. 0,98	mm. 30	2	gr. 150	Renforcée
2	16 id.	id.	Rebanché.	0,98	45	2	150	id.
3	21 id.	id.	Rebanché, facile.	0,90	40	2	200	id.
4	22 id.	id.	Grande sous-cave.	1,00	35	2	200	id.
5	22 id.	Grande taille.	id.	1,00	35	2	200	id.
6	24 id.	Niveau en travers.	id.	1,00	40	2	200	id.
Explosif n° 2.								
	1889	1° Au charbon.						
1	9 févr.	Niveau au mur.	Coup en couronne, belle sous-cave.	0,90	30	1	100	Renforcée
2	9 id.	Grande taille.	id.	0,95	30	1	100	id.
3	11 id.	Niveau au mur.	id.	0,95	30	2	200	id.
4	11 id.	id.	id.	1,05	30	2	200	id.
5	11 id.	id.	id.	0,80	30	1	100	id.
6	12 id.	id.	id.	0,93	30	2	200	id.
7	12 id.	id.	id.	1,00	30	1	100	id.
8	12 id.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, facile.	0,90	30	2	200	id.
9	13 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, faible sous-cave.	1,15	30	2	200	id.
10	13 id.	Niveau au toit.	Coup en rebanché, difficile.	1,00	30	2	200	id.
11	13 id.	Grande taille.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,10	30	2	200	id.
12	13 id.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, difficile.	0,95	30	2	200	id.
13	14 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,10	30	2	200	id.
14	14 id.	id.	id.	1,30	30	2	200	id.
15	14 id.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, facile.	0,95	30	2	200	id.
16	14 id.	id.	id.	0,95	30	2	200	id.
17	15 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,30	30	2	200	id.
18	15 id.	id.	id.	1,10	30	2	200	id.
19	15 id.	Niveau en travers.	id	0,90	30	2	200	id.
20	15 id.	id.	Coup en rebanché, facile.	1,00	30	2	200	id.
21	16 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,15	30	2	200	id.
22	16 id.	id.	Coup en couronne, faible sous-cave.	1,20	30	2	200	id.

MODE de chargement	RÉSULTAT obtenu	OBSERVATIONS
20 p. 100 azotate cuproammonique. 80 id. azotate d'ammoniaque.		
Cartouches forte- ment tassées.	Néant.	La capsule seule détone. On retrouve les cartouches écrasées, mais non brûlées.
La charge occupe :		
10 ^m de long.	id.	La capsule seule a dû détoner. On ne retrouve pas la matière. La capsule seule a détoné. On retrouve les cartouches refoulées et durcies.
22 id.	id.	
38 id.	id.	
40 id.	id.	
36 id.	id.	
70 p. 100 azotate cuproammonique. 90 id. nitrate d'ammoniaque.		
La charge occupe :		
20 ^m de long.	Médiocre.	Ce coup détone faiblement et produit 2 bennes de charbon après la purge.
20 id.	Très bon.	Ce coup détone très fortement et produit 6 id.
40 id.	Médiocre.	Ne produit que 2 bennes de charbon après la purge.
41 id.	Mauvais.	Id. quelques faibles cassures au chantier.
20 id.	Assez bon.	Produit 2 bennes de charbon après la purge.
39 id.	Bon.	Id. 3 1/2 id.
20 id.	id.	Id. 3 id.
40 id.	id.	Id. 3 1/2 id.
38 id.	id.	Id. 4 id.
39 id.	id.	Id. 3 1/2 id.
40 id.	Médiocre.	Id. 2 id.
40 id.	Bon.	Id. 3 id.
39 id.	id.	Id. 4 id.
40 id.	Très bon.	Id. 6 id.
40 id.	id.	Id. 5 id.
39 id.	Bon.	Id. 4 id.
40 id.	id.	Id. 4 id.
41 id.	Mauvais.	Id. 2 id.
40 id.	Très bon.	Id. 5 id.
39 id.	Bon.	Id. 4 id.
40 id.	Très bon.	Id. 5 id.
39 id.	id.	Id. 4 id.

} Plaintes des ouvriers pour odeur persistant longtemps après le tir.

80 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

NUMÉROS d'ordre	DATE	DÉSIGNATION du chantier	ÉTAT DE PRÉPARATION du chantier	PROFONDEUR du trou	DIAMÈTRE du trou	CHARGE		NATURE de l'amorce
						Nombre de cartouches	Poids total	
	1889			métr.	mm		gr.	
23	16 févr.	Niveau en travers.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,00	30	2	200	Renforcée.
24	16 id.	Grande taille.	Coup en flanc, belle s.-cave.	1,00	30	2	200	id.
25	16 id.	id.	id.	1,10	30	2	200	id.
26	16 id.	Niveau en travers.	Coup en couronne, belle sous-cave.	0,95	30	2	200	id.
27	18 id.	Niveau au mur.	Coup en rebanché, difficile.	1,00	30	2	200	Extra forte.
28	18 id.	id.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,20	30	2	200	Renforcée.
29	18 id.	id.	id.	1,10	30	2	200	id.
30	18 id.	Niveau en travers	id.	1,10	30	2	200	id.
31	18 id.	id.	Coup en rebanché, facile.	1,00	30	1	100	id.
32	18 id.	Grande taille.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,00	30	2	200	id.
33	18 id.	id.	id.	1,00	30	2	200	id.
34	19 id.	Niveau au mur.	Coup en rebanché, facile.	1,10	30	4	200	id.
35	19 id.	Niveau en travers.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,15	30	4	200	id.
36	19 id.	id.	id.	1,10	30	4	200	id.
37	19 id.	id.	id.	1,00	30	4	200	id.
		2° <i>Au rocher.</i>						
1	9 id.	Travers bancs.	Coup de flanc facile.	0,70	28	1	100	id.
Explosif n° 3.								
	1889							
1	30 janv.	Niveau en travers.	Belle sous-cave.	1,10	35	2	200	Renforcée.
2	30 id.	id.	Rebanché difficile.	1,00	35	2	200	id.
3	30 id.	Grande taille.	id.	1,05	35	2	200	id.
4	30 id.	Niveau en travers.	Rebanché facile.	1,12	35	2	200	id.
Explosif n° 4.								
	1889	1° <i>Au charbon.</i>						
1	18 janv.	Niveau en travers.	Coup en couronne, Belle sous-cave.	0,97	30	2	150	Renforcée.
2	18 id.	id.	Coup en rebanché, ass. facile.	0,95	40	2	150	id.
3	18 id.	id.	Coup en rebanché, très facile.	0,95	40	2	150	id.
4	19 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,00	30	2	150	id.
5	19 id.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, facile.	1,03	30	2	150	id.

MODE de chargement	RÉSULTAT obtenu	OBSERVATIONS
La charge occupe : 40 ^m de long.	Bon.	Produit 3 bennes 1/2 de charbon après la purge.
40 id.	Très bon.	Id. 5 id. de charbon après la purge.
40 id.	Mauvais.	Détone faiblement et ne produit que quelques cassures au chantier.
39 id.	Bon.	Produit 4 bennes de charbon après la purge.
40 id.	id.	Id. 3 id.
39 id.	Médiocre.	Id. 2 id.
40 id.	id.	Id. 3 id.
41 id.	Bon.	Id. 3 1/2 id.
20 id.	Médiocre.	Ne produit que quelques cassures facilitant peu l'abatage.
41 id.	id.	Produit 3 bennes de charbon après la purge
40 id.	Mauvais.	Détone faiblement et ne produit que quelques petites cassures.
40 id.	Néant.	On retrouve trois des cartouches intactes. La cartouche amorcée a disparu. Très faible détonation.
40 id.	id.	
40 id.	id.	
40 id.	id.	
20 id.	Bon.	
5 p 100 naphthaline.		
25 id. azotate d'ammoniaque.		
La charge occupe : 40 centimètres	Néant.	Faible détonation. Après dégagement du trou de mine, on constate que la cartouche amorcée a disparu. La 2 ^e cartouche a été refoulée; elle est devenue très dure et s'est fortement imprégnée de charbon.
42 id.	id.	Faible détonation. La cartouche amorcée a disparu. La 2 ^e est à peu près intacte.
45 id.	id.	Faible détonation. On retrouve les 2 cartouches, celle amorcée ouverte par la détonation.
44 id.	id.	
20 p. 100 dynamite.		
80 id. azotate d'ammoniaque.		
La charge occupe : 27 ^m de long.	Très bon.	Ce coup a produit 7 bennes de charb. grêl. après la purge, Charb. bien planché.
22 id.	Médiocre.	A très peu soulevé de charbon. Pas de grandes cassures. 300 grammes de poudre auraient tout enlevé.
25 id.	Assez bon.	A produit des cassures. Le charbon était dégagé par le coup précédent.
28 id.	Mauvais.	A arraché du charbon à l'entrée du trou. Pas de cassures facilitant l'abatage.
27 id.	Néant.	A fortement détoné. N'a produit aucun travail. Pas de fissures.

Tome XVI. 1889.

6

NUMÉROS d'ordre	DATE	DÉSIGNATION du chantier	ÉTAT DE PRÉPARATION du chantier	PROFONDEUR du trou	DIAMÈTRE du trou	CHARGE		NATURE de l'amorce
						Nombre de cartouches	Poids total	
	1889			mètre.	mm.		gr.	
6	19 janv.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, facile.	0,95	40	2	150	Renforcée.
7	19 id.	id.	id.	0,90	40	2	150	id.
8	21 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,00	35	2	200	id.
9	21 id.	Grande taille.	Coup de flanc, belle s.-cave.	1,00	35	2	200	id.
10	21 id.	Rabattage.	Coup en rebanché, difficile.	0,95	40	2	200	id.
11	22 id.	Niveau en travers.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,03	40	2	200	id.
12	22 id.	Niveau au mur.	Coup en couronne, faible sous-cave.	0,90	35	2	200	id.
13	23 id.	Grande taille.	Coup de flanc, belle s.-cave.	1,10	35	3	250	id.
14	23 id.	id.	Coup de flanc, faible s.-cave.	1,15	35	3	250	id.
15	23 id.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, difficile.	1,08	40	2	200	id.
16	23 id.	Rabattage.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,05	40	2	200	id.
17	25 id.	Niveau en travers.	Coup en rebanché, difficile.	1,02	35	2	200	id.
18	25 id.	id.	Coup en couronne, belle sous-cave.	0,99	35	2	200	id.
19	25 id.	Grande taille.	Coup de flanc, belle s.-cave.	1,15	35	3	250	id.
20	25 id.	id.	id.	1,00	35	3	250	id.
21	26 id.	id.	id.	1,10	35	2	200	id.
22	26 id.	id.	Coup en rebanché, belle sous-cave.	1,00	35	3	200	id.
23	26 id.	Niveau en travers.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,08	35	2	200	id.
24	26 id.	id.	id.	1,15	35	3	250	id.
25	28 id.	Grande taille.	Coup de flanc, belle s.-cave.	1,12	35	4	200	id.
26	28 id.	Niveau en travers.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,00	35	4	200	id.
27	28 id.	Niveau au mur.	id.	1,10	35	4	200	id.
28	28 id.	Niveau en travers.	id.	1,15	35	4	200	id.
29	28 id.	id.	Coup en rebanché, facile.	1,05	35	4	200	id.
30	28 id.	id.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,07	35	4	200	id.
31	29 id.	id.	Coup en rebanché, difficile.	1,10	35	4	200	id.
32	29 id.	id.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,10	35	4	200	id.
33	29 id.	id.	Coup en rebanché, difficile.	1,10	35	4	200	id.
34	29 id.	id.	id.	1,00	35	3	150	id.
35	29 id.	id.	Coup en couronne, belle sous-cave.	1,05	35	4	200	id.
36	29 id.	id.	id.	0,90	35	3	150	id.
2 ^e Au rocher.								
1	19 id.	Tr. bandes dans le grès.	id.	0,66	28	1	50	id.
2	20 id.		id.	0,50	28	1	50	id.

MODE de chargement	RÉSULTAT obtenu	OBSERVATIONS
La charge occupe : 18 ^m de long.	Mauvais.	N'a fait que quelques fissures facilitant peu le travail du chantier.
21 id.	id.	
38 id.	Médiocre.	N'a prod. que 3 benn. de charb. apr. la purge. Il y avait une très forte sous-cave.
35 id.	Très bon.	A produit 5 id. Ce charb. est brisé au fond du trou.
18 id.	id.	A soulevé tout le charbon, qui s'enlève ensuite facilement avec la marre.
27 id.	id.	A produit 4 bennes de charb. grêleux après la purge.
31 id.	Médiocre.	Id. 1 1/2 id. qui était difficile.
38 id.	id.	Id. 3 id. id.
39 id.	Très bon.	Id. 6 1/2 id. qui était facile.
35 id.	Bon.	Id. 3 1/2 id. id.
37 id.	id.	Id. 3 id. id.
37 id.	Médiocre.	Id. 2 id. Très forte détonation.
39 id.	Bon.	Id. 3 1/2 id. id.
40 id.	Très bon.	Id. 10 dont 4 de pérats. Détonation relativement faible.
42 id.	id.	Id. 5 charbon grêleux après la purge.
40 id.	Bon.	Id. 3 1/2 charb. peu grêleux après la purge.
40 id.	id.	Id. 2 1/2 id.
39 id.	id.	Id. 2 id.
46 id.	Très bon.	Id. 4 1/2 id. } Plaintes des piqueurs pour
38 id.	id.	Id. 7 charb. grêleux après la purge. } odeur après le tir et mal
35 id.	id.	Id. charbon grêleux après la purge. } à la tête et aux yeux.
40 id.	Bon.	Id. 4 charbon peu grêleux après la purge.
40 id.	Médiocre.	Id. 2 id.
42 id.	Bon.	Id. 3 id.
37 id.	Très bon.	Id. 5 charbon grêleux après la purge.
35 id.	id.	Id. 4 id. } Grandes cassures. Jet de
42 id.	Médiocre.	Id. 2 1/2 charbon peu grêleux après la purge. } projection.
40 id.	Très bon.	Id. 5 id.
32 id.	Bon.	Id. 3 id.
37 id.	id.	Id. 4 charbon assez grêleux après la purge.
30 id.	id.	Id. 5 id.
10 id.	Médiocre.	N'a enlevé que 30 centimètres de rocher à l'entrée du trou. Pas de cassures.
10 id.	Très bon.	A travaillé jusqu'au fond du trou.

III. — MINES DE BLANZY.

PUITS SAINT-LOUIS.

Rapports sur les essais du mélange explosif contenant : dynamite 20 p. 100 ; azotate d'ammoniaque, 80 p. 100.

	OBSERVATIONS
1 ^{er} Un coup dans le charbon de 1 ^m ,10 de longueur horizontal au pied de la galerie, pouvant casser avec 150 grammes de gomme, chargé avec 400 grammes d'azotate d'ammoniaque (très bien cassé).	J'ai constaté que la charge était trop forte, et qu'il n'y en aurait fallu que 300 grammes. Cet explosif donne des fumées désagréables.
2 ^{er} Un coup dans le charbon de 1 mètre de longueur placé au pied de la galerie horizontale, pouvant casser avec 100 grammes de gomme, chargé avec 200 grammes d'azotate (très bien cassé).	Fumée désagréable.
3 ^{er} Un coup dans le charbon au pied de la galerie horizontale, pouvant casser avec 150 grammes de gomme, ayant 1 ^m ,30 de longueur. On l'a chargé avec 250 grammes d'azotate (il a très bien cassé).	Id.
4 ^{er} Deux coups dans les grès schisteux de 1 ^m ,10 de longueur, placés en remontant, qui auraient cassé avec chacun 150 grammes de gomme ; on a chargé avec chacun 250 grammes d'azotate (ils n'ont pas bien cassé).	Ces deux coups ont été rechargés avec de la gomme. Il était resté de la première charge 40 centimètres de fond de coup.
5 ^{er} Un coup dans le charbon horizontal en couronne de 1 ^m ,30 de longueur, pouvant casser avec 100 grammes de gomme, chargé avec 200 grammes d'azotate (très bien cassé).	Fumée désagréable, principalement où l'aérage manque.
6 ^{er} Un coup dans le charbon horizontal dans le pied de la galerie de 1 mètre de longueur, pouvant casser avec 100 grammes de gomme, chargé avec 200 grammes d'azotate (il a très bien cassé).	Id. id.
7 ^{er} Deux coups, un dans le pied de la galerie et l'autre en couronne de chacun 1 ^m ,25 de longueur, pouvant casser : le 1 ^{er} avec 200 grammes de gomme, le 2 ^e avec 100. On a chargé le 1 ^{er} avec 350 grammes d'azotate (assez bien cassé), le 2 ^e avec 150 grammes (il a très bien cassé), car il y avait un parement de coupé.	Id. id.
8 ^{er} Deux coups dans le charbon, un dans le pied et l'autre en couronne de chacun 1 mètre de profondeur, pouvant casser avec chacun 100 grammes de gomme, chargés avec 350 grammes pour les deux (ils n'ont pas très bien cassé).	Id. id.
9 ^{er} Deux coups dans le charbon, un dans le pied et l'autre en couronne, un de 1 mètre et l'autre de 1 ^m ,50, pouvant casser : le 1 ^{er} avec 150 grammes de gomme, charge d'azotate 250 grammes ; le 2 ^e pouvant casser avec 200 grammes de gomme, charge d'azotate 300 grammes (ils ont mal cassé).	J'ai reconnu qu'il fallait le double d'azotate que de gomme pour obtenir de bons résultats dans le charbon. En employant comme amorces des triples forces (1 ^{er} , 50 de fulminate).

En résumé, les coups au charbon, chargés avec la nouvelle poudre, ont assez bien travaillé, à la condition de forcer dans la proportion de 1 à 1,5 la charge comparativement à celle de la gomme. Les fumées sont assez désagréables ; il n'a pu être fait d'observations sur la présence des flammes.

Montceau-les-Mines, ce 15 mars 1889.

L'Ingénieur en chef,
Signé : MATHET.

Essais des explosifs de la poudrerie de Sevrans-Livry.

NUMÉROS de l'expérience	DISPOSITION du coup de mine	PROFON- DEUR	CHARGE	OBSERVATIONS
1^{re} Explosif. { Dynamite 20 parties Azotate d'ammoniaque 80 id.				
1	Un coup isolé vertical.	mètres 0,70	gramm. 100	} Bien parti.
2	Id.	0,70	100	
3	Trois coups simultanés a, b, c.	4,00	400 chacun	a est certainement parti; b et c sont douteux.
2^e Explosif. { Azotate de cuivre ammoniacal . . . 70 parties Azotate d'ammoniaque 30 id.				
4	Un coup isolé vertical.	0,70	200	} Bien parti.
5	Id.	0,70	200	
6	Id.	1,00	400	
7	Id.	1,00	400	A raté: l'amorce n'est pas partie.
8	Id.	1,00	400	Bien parti.
3^e Explosif. { Naphtaline 5 parties Azotate d'ammoniaque 95 id.				
9	Un coup isolé vertical.	0,70	200	} Bien parti, presque pas de déto- nation.
10	Id.	0,60	200	
11	Trois coups a, b, c non simultanés.	1,00	400 chacun	On entend la capsule éclater dans chacun des coups, sans com- muniquer le feu à la poudre.

EXPÉRIENCES FAITES A L'AIR LIBRE.

1^{re} Explosif. — Une cartouche de 100 grammes posée sur le sol produit la détonation d'un coup de fusil de chasse. Peu d'effet sur le sol.

2^e Explosif. — Une cartouche de 100 grammes donne une détonation assez forte; plus sourde que la précédente. Aucun effet sur le sol.

3^e Explosif. — Deux cartouches de 50 grammes liées ensemble. Une seule amorcée. Faible détonation; la cartouche amorcée seule est partie, projetant l'autre en poussière dont on retrouve les traces sur le sol après l'explosion.

4° *Explosif* (azotate de cuivre 20, azotate d'ammoniaque 80).— une cartouche de 50 grammes ne détone pas sous l'explosion d'une capsule de 2 grammes de fulminate.

Cet explosif ne détonant pas à l'air libre, on n'a pas continué les expériences.

Enfin, on a fait un paquet avec :

2	cartouches de 100 ^{gr}	de l'explosif n° 1	3	} dont une amorcée. Total 400 grammes.
2	id.	50	id.	
2	id.	50	id.	

Les cartouches de l'explosif n° 1 sont seules parties; on a retrouvé les débris des autres cartouches projetés par l'explosion avec de la matière explosive intacte.

Allumage. — Dans toutes ces expériences, l'allumage a été effectué au moyen des amorces électriques Scola-Ruggieri, avec capsule au fulminate de 2 grammes et l'étincelle électrique produite par l'exploseur à coup de poing.

Montceau-les-Mines, le 27 mars 1889.

MATHET.

Extrait d'une lettre, accompagnant les rapports ci-joints, adressés par M. Mathet à M. Mallard, le 28 mars 1889.

En résumé, on peut conclure des essais de ces différentes poudres : 1° que les n° 1 et 2 peuvent avantageusement remplacer la poudre comprimée au point de vue de l'arrachement de la roche ou du charbon; mais qu'ils sont inférieurs à la dynamite et à la gomme;

2° Que, dans les travaux, les fumées provenant de l'explosion sont plus désagréables que celles de la dynamite ou de la gomme;

3° Que les explosifs n° 3 et surtout n° 4 sont très réfractaires à l'explosion, même avec des charges de fulminate de 2 grammes et au-dessus; que, pour ce fait, et à cause des inconvénients qui en résulteraient dans leur emploi courant, et dont le moindre serait la perte des coups chargés et ratés, ils ne pourraient entrer dans la pratique des mines.

Pour toutes ces poudres, il n'a pas été fait d'observation sur les flammes produites et, par conséquent, sur leur action dans un air chargé de grisou.

Veuillez agréer, etc.

MATHET.

IV. — MINES DE RONCHAMP.

**Expériences sur des explosifs binaires provenant
de la poudrerie de Sevrans-Livry.**

Le but qu'on se proposait était d'essayer ces explosifs au point de vue pratique; c'est pourquoi on a opéré absolument comme on l'avait fait pour les expériences du mois de décembre 1888.

C'est encore un travers-bancs de la Recherche sud du puits du Magny qui a servi à faire ces essais. Mais tandis qu'en décembre 1888, on avait affaire à des terrains tendres, découpés et, par suite, faciles à abattre, on se trouvait cette fois en présence d'un banc de poudingues régnant sur toute la hauteur du front de taille. On peut dire qu'au point de vue de l'abatage, on était dans des conditions particulièrement défavorables et presque exceptionnelles (*).

Le mélange de 20 p. 100 de dynamite et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque est le seul explosif qui ait donné un résultat.

Mais l'examen des tableaux résumés fait voir que l'effet utile de ce mélange est à peine la moitié de celui de la dynamite n° 1.

Tous les coups de mine ont été bourrés très soigneusement avec de l'argile.

Pour l'allumage, on s'est servi, comme on le fait habituellement, de la mèche de sûreté et des capsules dites extra-fortes de la Société générale de fabrication de la dynamite.

Les ouvriers ont trouvé les fumées de ces explosifs très fatigantes à respirer; en particulier, celles des mélanges d'azotate cuproammonique et d'azotate.

Ronchamp, le 30 mars 1889.

T. GRUNER.

(*) Il n'y a pas, en effet, à Ronchamp, de rocher plus difficile à abattre; les grès de transition sont certainement encore plus durs à percer, mais les coups de mine y travaillent mieux.

	NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine	DURÉE du forage	CHARGE des coups	LONGUEUR des culots	CUBES massif enlevé	POIDS des débris obtenus	OBSERVATIONS
		mètres	heures	kilogr.	mètres	m. cub.	kilogr.	
Expérience n° 1. — Composition de l'explosif : dynamite n° 1.								
1 ^{re} volée	4	1,00 } 0,90 } 0,80 } 0,90 }	2 15	0,400 } 0,400 } 0,240 } 0,350 }	0,50 } 0,20 } 0,80 }	0,984	2 760	2 coups descendants, 1 montant et 1 d'abatage.
2 ^e Id.	4	0,80 } 0,80 } 0,80 } 0,90 }	2 10	0,350 } 0,350 } 0,400 } 0,400 }	0,15 } 0,15 } 0,80 }	1,250	3 450	3 coups descendants et 1 montant.
3 ^e Id.	4	0,70 } 0,70 } 0,60 } 0,75 }	2 "	0,350 } 0,350 } 0,240 } 0,350 }	0,25 } " } 0,50 }	0,984	2 760	3 coups montants et 1 d'abatage.
Totaux	12	9,65	6 25	4,000	2,10	3,198	8 970	Rapport du cube massif enlevé au poids de l'explosif consommé. } = 0,7995.
Expérience n° 2. — Composition de l'explosif.								
{ Dynamite 90 parties Azotate d'ammoniaque 80 id.								
1 ^{re} volée	4	0,80 } 0,80 } 0,65 } 0,80 }	2 "	0,400 } 0,400 } 0,200 } 0,400 }	0,35 } 0,35 } 1,05 }	0,738	2 070	3 coups descendants, 1 coup d'abatage.
2 ^e Id.	4	0,70 } 0,80 } 0,75 } 0,65 }	1 45	0,300 } 0,400 } 0,300 } 0,400 }	0,40 } 0,25 } 0,30 }	0,494	1 380	2 coups descendants, 1 montant et 1 d'abatage.
3 ^e Id.	4	0,80 } 0,85 } 0,75 } 0,70 }	2 "	0,400 } 0,400 } 0,300 } 0,300 }	0,35 } 0,35 } 1,15 }	0,212	690	4 coups montants.
Totaux	12	9,00	5 45	4,000	3,15	1,474	4 140	Rapport du cube massif enlevé au poids de l'explosif consommé. } = 0,368.

OBSERVATIONS

Expérience n° 3. — Composition de l'explosif. { Naphthaline 5 parties
Azotate d'ammoniaque 95 id.

NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des cylindres mètres	CUBE massif enlevé m. cub.	POIDS des débris abattus kilogr.
1 ^{re} volée.	0.80 0.80 0.85 0.85	1 45	0.350 0.350 0.400 0.350	"	"	"
2 ^e id.	0.80 0.75 0.80 0.75	1 45	0.350 0.350 0.400 0.350	"	"	"
3 ^e id.	"	"	"	"	"	"

Expérience n° 4. — Composition de l'explosif. { Azotate cupro-ammoniaque 30 parties
Id. d'ammoniaque 80 id.

NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des cylindres mètres	CUBE massif enlevé m. cub.	POIDS des débris abattus kilogr.
1 ^{re} volée.	0.90 0.80 0.80 0.80	2 10	0.400 0.400 0.400 0.400	"	"	"
2 ^e id.	0.80 0.80 0.75 0.60	1 45	0.400 0.400 0.400 0.300	"	"	"
3 ^e id.	"	"	"	"	"	"

Expérience n° 5. — Composition de l'explosif. { Azotate cupro-ammoniaque 70 parties
Id. d'ammoniaque 30 id.

NOMBRE des coups de mine	LONGUEUR des trous de mine mètres	DURÉE du forage heures	CHARGE des coups kilogr.	LONGUEUR des cylindres mètres	CUBE massif enlevé m. cub.	POIDS des débris abattus kilogr.
1 ^{re} volée.	0.80 0.60 0.80 0.75	1 45	0.350 0.350 0.300 0.300	"	"	"
2 ^e id.	0.85 0.80 0.85 0.70	2 "	0.400 0.350 0.400 0.350	"	"	"
3 ^e id.	"	"	"	"	"	"

1^{re} volée. — Les cartouches amorcées font seules explosion; le bourrage est enlevé; les trous restent intacts. On remet dans les trous de nouvelles cartouches amorcées; même résultat. Enfin, on place dans chaque trou, comme amorce, une cartouche de dynamite n° 1 (80gr). L'explosion est complète dans deux trous; dans chacun des deux autres, il reste deux cartouches (devenues très dures).

2^e volée. — Il n'y a toujours que les cartouches amorcées qui détonent. La détonation est faible; le bourrage est enlevé; pas de rocher abattu.

1^{re} volée. — Les cartouches amorcées font seules explosion. Détonation excessivement faible. Le bourrage est enlevé; pas de rocher abattu. En se servant comme amorce d'une cartouche de dynamite n° 1 (80gr), on provoque l'explosion complète.

2^e volée. — Trois des cartouches amorcées font explosion en enlevant le bourrage; la quatrième ne fait pas explosion et cependant la capsule détone. Le bourrage reste en place.

1^{re} volée. — Les cartouches amorcées font seules explosion. Le bourrage est enlevé; pas de rocher abattu. Détonation très faible. On provoque l'explosion complète avec une cartouche de dynamite n° 1 (80gr).

2^e volée. — Même résultat.

DOCUMENTS SUPPLÉMENTAIRES

MINES D'ANZIN.

Explosifs à base d'azotate d'ammoniaque employés
aux mines d'Anzin.(1^{er} juin 1889.)

Historique. — A la suite des rapports présentés au nom de la sous-commission des substances explosives par M. Mallard et des essais faits sur quelques explosifs envoyés par la sous-commission, la Compagnie des mines d'Anzin s'est mise en mesure d'employer les nouveaux explosifs dans ses exploitations grisouteuses, tout en observant les mêmes mesures de prudence pour le tirage des mines qu'auparavant.

En attendant que l'État puisse fournir quelques-uns de ces nouveaux explosifs, la Compagnie d'Anzin s'adresse à la Société générale de dynamite pour avoir quelques mélanges de dynamite ou de nitroglycérine gélatinisée et d'azotate d'ammoniaque.

1^{er} Explosif employé. — On a d'abord demandé 500 kilogrammes du mélange 20 p. 100 dynamite n° 1 et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque, lequel donne les meilleures conditions de sécurité, car la température de détonation est seulement de 1.500°. Ce mélange a été fourni en cartouches pesant 92 grammes ayant 33 millimètres de diamètre et 115 millimètres de longueur. Il était enfermé dans une double enveloppe de papier assez mince et imperméable. Les cartouches étaient disposées dans des boîtes de 2 kilogrammes en carton et hermétiquement fermées. Ces boîtes étaient placées de la manière ordinaire dans des caisses en bois.

Cet explosif détonait bien franchement avec les capsules renforcées contenant 0^{re},75 de fulminate de mercure. Sa puissance explosive pratique a été reconnue égale à 91 p. 100, celle de la dynamite n° 1 étant 100. La densité était seulement de 0.936. Cet explosif contenait 20 p. 100 de dynamite n° 1 à 75 p. 100 de nitroglycérine et par suite une certaine quantité de silice ou matière inerte qu'il fallait chercher à faire disparaître.

2^e Explosif employé. — A la suite des indications données dans le deuxième rapport de la sous-commission, p. 150, et sur l'avis de M. Mallard, on a cherché à supprimer les 5 p. 100 de matière inerte en remplaçant la dynamite n° 1 par de la nitro-

glycérine légèrement gélatinisée au moyen d'une addition de 2 à 3 p. 100 de coton octonitrique. Cette dynamite-gomme est très plastique, sa densité est 1,43; elle peut très bien remplir les vides laissés entre les différents grains d'azotate d'ammoniaque et, par suite, augmenter notablement la densité du mélange, ce qui est très important pour la puissance explosive pratique. Les courbes (fig. 14, Pl. I) donnent la température de détonation et la force explosive des différents mélanges de ces deux matières. Les abscisses indiquent les proportions de nitrate d'ammoniaque et les ordonnées les températures et forces explosives correspondantes.

Pour établir ces courbes, on n'a eu qu'à appliquer les formules que donne la note A à la suite du premier rapport de la commission des substances explosives. On a supposé que la nitroglycérine gélatinisée contenait 3 p. 100 de coton-poudre octonitrique et que 1 kilogramme de cette nitroglycérine gélatinisée dégageait 1.545 calories et 1 kilogramme d'azotate d'ammoniaque 380 calories. Les gaz provenant de la détonation de ces deux corps ne peuvent pas réagir les uns sur les autres, car tous deux ont un excès d'oxygène.

- I. { 12 à 14 p. 100 de nitroglycérine gélatinisée,
88 à 86 p. 100 d'azotate d'ammoniaque.

Le premier mélange employé contient 12 à 14 p. 100 de nitroglycérine gélatinisée et 88 à 86 p. 100 d'azotate d'ammoniaque. Les cartouches pèsent 75 grammes, ont 33 millimètres de diamètre et 85 millimètres de longueur. L'enveloppe des cartouches et l'emballage sont les mêmes que ceux décrits plus haut. Cet explosif détone bien avec des capsules renforcées contenant 75 centigrammes de fulminate de mercure. On l'emploie aujourd'hui d'une façon courante et plus de 2.000 kilogrammes ont été consommés. La puissance explosive pratique est 110,6 p. 100, celle de la dynamite n° 1 étant 100. La température de détonation calculée est de 1.494°.

- II. { 20 p. 100 nitroglycérine gélatinisée.
80 p. 100 azotate d'ammoniaque.

On vient de faire des essais sur un deuxième mélange contenant 20 p. 100 de nitroglycérine gélatinisée et 80 p. 100 d'azotate d'ammoniaque. Les cartouches pesant 75 grammes ont 33 millimètres de diamètre et seulement 75 millimètres de longueur. La densité est de 1,17. La puissance explosive est égale à 118,6 p. 100 de celle de la dynamite n° 1. La température de détonation calculée est de 1.638°.

III. { 30 p. 100 nitroglycérine gélatinisée
70 p. 100 azotate d'ammoniaque.

Dans le but d'avoir un explosif pouvant remplacer la dynamite-gomme et ayant toujours une température de détonation inférieure à la température apparente d'inflammation du grisou, on a demandé 100 kilogrammes du mélange 30/70 nitroglycérine gélatinisée et azotate d'ammoniaque, lequel aura une assez forte densité et par suite développera une plus grande pression par centimètre carré dans le trou de mine. La température de détonation calculée serait de 1.871°.

Ces 100 kilogrammes ne nous ont pas encore été fournis.

Essais des nouveaux explosifs sur des mines faisant canon. — Les résultats obtenus varient avec la résistance que le bourrage peut opposer à la sortie des gaz provenant de l'explosion. Cette résistance est fonction de la nature et de la longueur du bourrage.

Le travail que les gaz doivent faire pour chasser le bourrage abaisse leur température et cette diminution peut être assez forte pour que certains explosifs donnant généralement de la flamme n'en donnent plus.

Le tableau suivant résume les essais faits :

EXPLOSIF EMPLOYÉ.	LONGUEUR du trou de mine	POIDS d'explosif essayé	LONGUEUR du bourrage	OBSERVATIONS
	mét.	gr.	mét.	
20 p. 100 dynamite n° 1	1,00	184	0,40	Rien.
80 p. 100 azotate d'ammoniaque . .	1,00	276	0,40	Très faible lueur.
	1,00	460	0,40	Quelques étincelles.
	0,90	150	0,00	Fort lueur.
12 p. 100 nitroglycérine gélatinisée.	0,90	150	0,40	Lueur assez prononcée.
88 p. 100 azotate d'ammoniaque . .	0,90	150	0,40	Très faible lueur.
	0,90	225	0,40	Rien.
	0,90	300	0,40	Faible lueur.
	0,90	150	0,40	Rien.
20 p. 100 nitroglycérine gélatinisée.	0,90	225	0,40	Faible lueur.
80 p. 100 azotate d'ammoniaque . .	0,90	300	0,40	Rien; la mine a travaillé un peu.

Nature des fumées. — Les fumées provenant de ces trois explosifs sont de beaucoup moins mauvaises que celles que donnent la dynamite n° 1 et la dynamite-gomme.

Le tableau ci-dessous donne en litres à 0° et à 760 millimètres les gaz provenant de la détonation de 1 kilogramme des explosifs désignés.

NOMS DES EXPLOSIFS	VAPEUR D'EAU H ₂	ACIDE CARBONIQUE CO ₂	AZOTE Az ²	OXYGÈNE O	OBSERVATIONS
Dynamite-gomme à 3 p. 100 de coton octonitrique	247	300	145	17	
Dynamite n° 1	183	220	110	19	+ 250 gr. de silice.
20 p. 100 dynamite n° 1	492	44	244	112	+ 50 gr. de silice.
80 p. 100 azotate d'ammoniaque . .					
14 p. 100 nitroglycérine gélatinisée.	513	42	259	123	
86 p. 100 azotate d'ammoniaque . .					
20 p. 100 nitroglycérine gélatinisée.	494	60	251	115	
80 p. 100 azotate d'ammoniaque . .					

Nous terminons, en donnant un tableau comparatif, indiquant pour un certain nombre de substances explosives, la puissance explosive pratique, telle qu'elle résulte des expériences faites à Anzin; la densité.

NOMS DES EXPLOSIFS	PUISSANCE explosive pratique	DEN- SITÉ	OBSERVATIONS
Dynamite-gomme	125	1,43	
Dynamite n° 1	100	1,59	
20 p. 100 dynamite n° 1	91	0,94	
80 p. 100 azotate d'ammoniaque . . .			
12-14 p. 100 nitroglycérine gélatinisée.	110,6	1,04	
88-88 p. 100 azotate d'ammoniaque . .			
20 p. 100 nitroglycérine gélatinisée . .	118,6(*)	1,17	(*) Les essais faits pour déterminer le chiffre 118,6 ne sont pas encore très nombreux; il y aura peut-être lieu de le modifier dans la suite.
80 p. 100 azotate d'ammoniaque . . .			
Poudre noire comprimée	40	"	

**Note sur l'emploi des 50 kilogrammes d'explosifs
reçus de Sevrans-Livry,**

1° *Mélange de 10 p. 100 binitrobenzine et 90 p. 100 azotate d'ammoniaque.* — Cet explosif a été livré en cartouches pesant à peu près 50, 100 et 150 grammes. Le diamètre des cartouches était de 32 millimètres et les longueurs de 73, 142 et 215 millimètres. La densité moyenne était de 0,93. La densité des longues cartouches de 150 grammes était sensiblement la même que celle des cartouches de 100 ou 50 grammes; et comme elles sont peu maniables il vaudra mieux employer à l'avenir des cartouches de 50 et 100 grammes, ces dernières formant 80 p. 100 du poids total.

L'explosion a été provoquée par des capsules renforcées contenant 2 grammes de fulminate de mercure et l'on n'a observé qu'une seule détonation incomplète. Cet explosif donne peu de fumées et se comporte très bien.

On a trouvé que la puissance explosive pour un même poids était la même que celle de la dynamite n° 1.

2° *Mélange de 10 p. 100 coton octonitrique et 90 p. 100 azotate d'ammoniaque.* — Cet explosif a été livré également en cartouches pesant à peu près 50, 100 et 150 grammes ayant 32 millimètres de diamètre et des longueurs de 80, 155 et 236 millimètres. La densité moyenne était seulement de 0,84 et sensiblement la même dans les cartouches de 50 ou de 150 grammes, aussi l'on pourrait également supprimer ces cartouches de 150 grammes avec lesquelles on comptait avoir une densité plus forte. Les capsules renforcées contenant 2 grammes de fulminate ont toujours provoqué des détonations bien complètes. Les fumées sont assez épaisses, mais ne présentent pas d'inconvénients pour la santé des ouvriers.

On a trouvé que la puissance explosive pour un même poids était la même que celle du mélange précédent ou de la dynamite n° 1.

Avantages et inconvénients de ces explosifs. — Ces explosifs se comportent bien dans nos mines, la fabrication est très soignée, la détonation a toujours été facilement obtenue et leur emploi est très pratique.

Ils ont le désavantage d'avoir une très faible densité et, si l'on ne veut pas que la charge de poudre occupe une trop grande longueur du trou de mine, il faut les employer comme on les a

reçus cette fois en cartouches de 32 millimètres de diamètre, ce qui oblige à creuser des trous de mine d'un assez grand diamètre dont le forage coûte un peu plus cher que le forage de trous plus petits.

Ces explosifs exigent aussi pour détoner complètement des capsules renforcées contenant 1^{er},50 ou 2 grammes de fulminate de mercure, tandis que les autres explosifs détonent bien avec des capsules de 0,75 ou de 1 gramme.

On emploie, depuis plusieurs mois aux mines d'Anzin, la grisoutine B, la grisoutine F et la grisoutine-gomme, qui sont des mélanges à $\frac{12}{88}$, $\frac{20}{80}$ et $\frac{30}{70}$ de nitroglycérine gélatinisée et d'azotate d'ammoniaque. La densité est plus forte que dans les mélanges ci-dessus ainsi que la puissance explosive relative pour un même poids. Les cartouches ont seulement 28 millimètres de diamètre. Le degré de sécurité est aussi très grand, car la température de détonation est peu élevée.

On a réuni, dans le tableau suivant, les éléments qui permettent de comparer ces explosifs à ceux de Sevrans-Livry.

NATURE des EXPLOSIFS	TEMPÉRATURE de détonation	DENSITÉ des explosifs	PUISANCE explosive pratique	PRIX du kilogr.
10 binitrobenzine	1.820° 1/2	0,93	100	?
90 nitrate d'ammoniaque . . .				
10 coton octonitrique	1.562°	0,84	100	?
90 nitrate d'ammoniaque . . .				
12 nitroglycérine gélatinisée	1.494°	1,04	111	4 ¹ / ₂₅
88 nitrate d'ammoniaque . . .				
20 nitroglycérine gélatinisée	1.638°	1,17	118	"
80 nitrate d'ammoniaque . . .				
30 nitroglycérine gélatinisée	1.871°	1,22	122	"
70 nitrate d'ammoniaque . . .				

N. B. — Pour calculer les températures de détonation des explosifs de Sevrans-Livry, on a pris dans le tableau des températures de détonation du rapport de M. Mallard, page 112, les résultats donnés pour les mélanges à combustion complète de binitrobenzine et de nitrate d'ammoniaque, et de coton octonitrique et d'azotate d'ammoniaque, et on a calculé que 1 kilogramme de binitrobenzine et 1 kilogramme de coton octonitrique, brûlant complètement, dégagent, le premier, 3.988 calories, et le second, 2.512 calories.

Connaissant ces chiffres, et sachant que 1 kilogramme d'azotate d'ammoniaque, en se décomposant, dégage 380 calories, il était facile de calculer la température de détonation de ces mélanges où il y a un excès d'oxygène.

Anzin, 5 octobre 1889.

MINES DE LIÉVIN.

Note sur les explosifs en usage à Liévin.

Les explosifs en usage à Liévin sont :

- 1° La dynamite-gomme;
- 2° La dynamite à l'ammoniaque de Paulille;
- 3° La grisoutine A de Paulille;
- 4° Id. B id. correspondant, d'après les fabricants, à la dynamite à l'ammoniaque que recommande la Commission des substances explosives.

La dynamite-gomme est très appréciée à cause de la puissance de son action. Mais dès 1887, alors qu'on faisait à Liévin des expériences sur l'action des explosifs en présence des poussières seules, on avait reconnu que la dynamite-gomme peut, quand elle est placée sans bourrage au fond d'un trou de mine, donner de grandes inflammations de poussières, tout comme la poudre noire.

Mais, si la poudre noire fortement bourrée donne encore de grandes inflammations de poussières, la dynamite-gomme, avec un bourrage même léger, n'enflamme plus les poussières; de très nombreuses expériences ont établi ce point.

D'un autre côté, 170 grammes de dynamite-gomme placés au fond d'un trou de mine et surmontés d'une bourre d'argile mouillée, détonant dans un mélange d'air et de 14 p. 100 de gaz d'éclairage, n'ont pas allumé ce mélange (deux essais faits à Liévin). Il n'a malheureusement pas été possible de continuer à opérer sur d'aussi fortes charges; le bloc d'acier a été brisé après le troisième essai.

En présence de ces résultats, nous pensons que la dynamite-gomme, avec un bourrage soigné, n'est pas aussi dangereuse que pourraient le faire croire les essais faits sur cet explosif sans bourrage.

A Liévin, on ne se sert de la dynamite-gomme que dans les bowettes et seulement pour les mines de déchaussement qui ont à produire un grand travail. Pour les mines dites d'abatage, dans les bowettes et surtout pour les mines en dehors des travers-bancs, on se sert des différentes dynamites à l'ammoniaque de Paulille.

Nous estimons que la suppression de la dynamite-gomme et son remplacement par des explosifs plus faibles entraînerait une augmentation notable dans le prix des travers-bancs, et une diminution dans la rapidité d'avancement. C'est pour cela et parce que nous sommes persuadé qu'un bourrage bien soigné atténue beaucoup le danger, qu'il est à désirer que cet explosif soit conservé, ou remplacé par un explosif équivalent en force, au moins pour les bowettes.

Voici les résultats qu'on a obtenus avec les diverses dynamites à l'ammoniaque de Paulille, en plaçant la charge sans bourrage dans un trou de mine et la faisant détoner dans un mélange d'air et de gaz d'éclairage.

Quantités
en grammes

Dynamite à l'ammoniaque.	76	explosion à 10 et à 12 0/0.
Grisoutine A.	80	pas d'explosion à 10 0/0; explosion à 12 0/0.
Id. B.	65	id. explosion à 12 et à 14 0/0.

Les trois explosifs sont donc capables d'enflammer les mélanges gazeux.

Les deux derniers sont un peu plus sûrs que la dynamite à l'ammoniaque. La série d'expériences exécutée avec le bourrage à l'eau n'a jamais donné d'explosion.

La grisoutine A (160 grammes), essayée avec une bourre d'argile mouillée, n'a pu enflammer des mélanges à 12, 14 et 16 p. 100 de gaz. Les essais renouvelés en mettant des poussières en suspension dans l'air n'ont pas donné d'explosion.

La grisoutine A et la grisoutine B ont été essayées ensuite avec la bourre de sûreté Chalon (matière spongieuse contenant 99,5 p. 100 d'eau). En plaçant celle-ci simplement sur la charge, sans même la compléter par un bourrage d'argile qui est recommandé par la pratique, on n'a pu enflammer les mélanges les plus dangereux. (On a opéré sur 80 et 160 grammes.)

Ces grisoutines de Paulille, qui sont capables d'enflammer les mélanges à 12 p. 100 de gaz, quand elles détonent sans bourrage, présentent donc soit avec notre bourre mouillée, soit avec la cartouche Chalon, une grande sécurité.

Cette sécurité est-elle encore aussi grande quand on opère sur très fortes charges, 300 à 500 grammes, qu'on emploie quelquefois au fond? Notre appareil d'essai serait brisé par ces charges et nous ne pouvons nous prononcer.

Toutefois, on a fait des essais au fond, en faisant débourrer des charges de 270 grammes surmontées de bourre Chalon; on n'a vu qu'une faible flamme.

Pour toutes ces raisons, on estime à Liévin que les explosifs à base d'azotate d'ammoniaque que fabrique Paulille présentent une grande sécurité *avec un bourrage soigné*.

Ils sont d'un emploi facile, donnent des fumées qui ne sont pas désagréables, et leur détonation est assurée par l'emploi de capsules à 2 grammes de fulminate.

Ils sont considérés comme suffisamment énergiques pour abattre les roches les plus dures qu'on rencontre dans le courant de l'exploitation (c'est-à-dire en dehors des travers-bancs).

NOTES SUR DIVERSES EXPÉRIENCES

CONCERNANT

L'EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU

Par M. MALLARD, inspecteur général des mines.

I. — EXPÉRIENCES D'ANZIN (22 et 23 février 1889)
SUR LA FLAMME QUE PRODUISENT LES EXPLOSIFS.

Les expériences de la poudrerie de Sevrans-Livry ont été faites avec des charges de 200 grammes au maximum. L'explosif détonait, soit à l'air libre, soit bourré dans un tube métallique relativement peu épais. On ne réalisait ainsi qu'imparfaitement les circonstances qui se rencontrent dans un coup de mines *débouillant*, c'est-à-dire ne produisant d'autre effet que de projeter la bourre placée sur la cartouche. Si l'on excepte ceux dans lesquels la charge, placée au fond du trou, détone sous bourrage, et qui doivent être prohibés avec la dernière sévérité, ces coups sont, dans les mines à grisou, les plus dangereux. On se l'explique aisément, puisqu'alors le travail mécanique accompli par les gaz de l'explosion est minimum, ainsi que la quantité de chaleur correspondante qui est soustraite à ces gaz.

Il y avait donc un sérieux intérêt à produire, dans l'obscurité profonde d'une galerie de mines, des coups débouillants, fortement chargés d'explosifs divers, et à

100 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

observer la flamme plus ou moins grande, et plus ou moins vive que, dans ces conditions, produit la détonation.

La compagnie d'Anzin a bien voulu nous inviter à assister à une série d'expériences entreprises sur ce sujet. Elles ont eu lieu, les 22 et 23 février dernier, sous la direction de M. François, ingénieur en chef des travaux du fond, en présence de MM. Faucher, ingénieur en chef des poudres, Aguillon, ingénieur en chef des mines, Le Chatelier, ingénieur des mines, Bruneau, ingénieur des poudres, et de l'auteur de cette note. Nous ne pouvons qu'adresser nos vives félicitations à M. François et aux ingénieurs placés sous ses ordres pour l'habileté et la précision avec laquelle les expériences ont été conduites, et remercier M. Guary, directeur des mines d'Anzin, du cordial accueil qui nous a été fait.

Les expériences avaient lieu dans une galerie à travers-bancs de la fosse Bleuse-Borne. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	COUPS TRAVAILLANTS				COUPS DÉBOURRANTS		
	Charge	Longueur du bourrage	Épaisseur de terrain à enlever		Charge	Longueur du bourrage	
	gr.	mm.	mm.		gr.	mm.	
Dynamite n° 1	340	900	1000	Flamme.	300	800	Flamme de plus de 1 ^m de longueur.
20 dynamite, 80 azotate. . .	400	500	800	Ni flamme ni lueur.	500	400	Ni flamme ni lueur.
30 dynamite, 70 azotate. . .	350	600	800	Faible flamme.	250	150	Étincelles et lueur assez vive.
15 coton, 85 azotate	350	400	800	Lueur.	250	150	Lueur.
10 binitrobenzine, 90 azotate.	350	500	800	Lueur.	400	500	Très faible lueur.
70 azot. cuproamm., 30 azot.	400	600	800	Ni flamme ni lueur.	400	600	Ni flamme ni lueur.
Roburite.	330	200	800	Pas de flamme.	340	200	Flamme.

Comme on le voit, les mélanges 20 dyn. - 80 azot. 70 az. cupr. et 30 azot. amm. n'ont donné ni flamme, ni lueur, même avec des coups débourrants chargés de 400 et 500 grammes. La sécurité promise par ces explosifs peut donc être considérée comme très satisfaisante.

Avec les autres explosifs indiqués par la Commission, les coups débourrants n'ont donné que des lueurs qui paraissent incapables d'allumer les mélanges grisouteux, car elles sont beaucoup plus faibles que celles qu'on observe dans la détonation à l'air libre, qui n'allume le grisou, comme on l'a constaté à Sevrans, que dans des circonstances très rares.

Avec la roburite(*) et surtout la dynamite n° 1, les coups débourrants produisent de grandes flammes.

(*) D'après les renseignements qui nous ont été fournis, la roburite, employée dans ces essais, se composerait du mélange de chlorobinitrobenzine et d'azotate d'ammoniaque, qui correspond à la combustion complète, suivant la formule



Cette substance, finement pulvérisée, détone très facilement. Des expériences ont été faites à la poudrerie de Sevrans-Livry, dans les mêmes conditions que celles qu'indique le *Rapport de la Commission des substances explosives*. Une cartouche de 170 grammes suspendue dans la chaudière, a allumé le mélange d'air et de grisou contenant 10 pour 100 de gaz. Il en a été de même avec des cartouches de 200 grammes du mélange de 45 roburite et 55 azotate.

Une cartouche de 200 grammes d'un mélange de 22,5 roburite et 77,5 azotate d'ammoniaque (correspondant, d'après la composition indiquée pour la roburite, à 5 de chlorobinitrobenzine et 95 d'azotate) a pu détoner dans le mélange gazeux sans l'allumer.

De semblables mélanges pourraient être avantageux à cause de leur grande aptitude à la détonation.

II. — BOURRAGE AVEC DES MATIÈRES TRÈS AQUEUSES.

On sait qu'on a proposé depuis longtemps d'assurer la sécurité des mines à grisou, en bourrant les coups de mine soit avec de l'eau, soit avec des matières très aqueuses.

La Commission des substances explosives avait fait quelques essais avec les cartouches Settle dans lesquelles l'explosif est placé au milieu de l'eau contenue dans un sac de papier imperméable. Les essais avaient été peu satisfaisants, et les cartouches de cette nature ont d'ailleurs, outre l'incommodité de leur emploi, l'inconvénient grave d'obliger à augmenter considérablement le diamètre des trous de mine.

M. Galloway avait proposé de former la première partie du bourrage avec de la mousse imbibée d'eau.

MM. Chalon et Guérin ont imaginé d'employer une matière gélatineuse pouvant retenir jusqu'à 95 p. 100 d'eau, et moulée en cylindres d'un diamètre de 25 millimètres, avec 10 à 12 centimètres de largeur. Le prix de l'unité est de 0',06.

On intercale l'explosif entre un nombre de ces bourres, variable suivant l'importance de la charge; on refoule fortement les bourres de sûreté avec le bourroir en bois, de manière à faire refluer la matière gélatineuse autour de l'explosif. On achève enfin le remplissage du trou à la manière ordinaire.

En Angleterre, une société anglaise exploite le brevet *Heath and Frost*, qui s'applique à des espèces de cartouches Settle dans lesquelles l'eau est remplacée par une matière gélatineuse composée d'eau et de savon.

On savait depuis longtemps, et toutes les expériences faites récemment ont pleinement confirmé, que tous ces

modes de bourrages sont impuissants avec les substances dans lesquelles ne se produit pas l'onde explosive, telles que la poudre noire. La Commission des substances explosives a montré que, avec les substances dans lesquelles la détonation est rendue en quelque sorte instantanée par la production de l'onde explosive, l'eau de la bourre n'intervient pas ou intervient à peine par sa nature propre, et qu'elle n'agit guère que par sa masse et par la plus grande perfection qu'elle assure au bourrage.

Les ingénieurs d'Anzin et ceux de Blanz y ont expérimenté les bourres Chalon-Guérin, et, pendant notre séjour à Anzin, nous avons été rendus témoins de quelques-unes de ces expériences.

Dans des coups de mines *travaillants*, l'emploi de ces bourres ne supprime pas la grande flamme donnée par la poudre noire, mais il supprime celle qui est produite par la dynamite-gomme et la dynamite n° 1.

Dans des coups de mine *débourrants*, l'emploi de la bourre ne supprime pas la flamme. Des charges très faibles de dynamite-gomme (40 et 80 grammes) bourrées au fond d'un trou de mine et recouvertes de trois bourres Chalon-Guérin, ont encore laissé voir de la flamme.

L'effet des bourres Heath and Frost est sensiblement le même que celui des bourres Chalon-Guérin, mais leur emploi exige des trous de mine d'un diamètre de 7 centimètres au moins, ce qui est incommode dans la houille, impossible dans le rocher.

L'importance de ces divers modes de bourrages est d'ailleurs bien diminuée, puisqu'on est maintenant assuré qu'il est possible de fabriquer des explosifs qui n'enflamment pas le grisou, même avec le bourrage le plus imparfait, et dont la sécurité est assurée avec un bourrage ordinaire.

III. — AMORCES LAUER.

La Commission des substances explosives avait signalé l'importance qu'il y aurait à supprimer complètement, dans les mines à grisou, l'emploi des mèches pour le tirage des coups de mine. Elle avait appelé l'attention sur les amorces à friction proposées par M. Lauer, lieutenant-colonel du génie autrichien, et auxquelles une commission autrichienne avait attribué une partie du prix de 1.000 ducats institué par les exploitants d'Ostrau-Karwin.

Les expériences sur ces amorces ne pouvaient se faire que dans une mine. Sur notre demande, M. François, directeur des travaux d'Anzin, à l'obligeance duquel nous avons eu si souvent recours, a bien voulu se procurer, ce qui n'a pas été très aisé, une certaine quantité de ces amorces (*) et les faire soumettre à des essais pratiques, dont on trouvera les résultats dans une note imprimée plus loin.

Ces résultats paraissent assez favorables. On verra que le procédé n'est pas nouveau (il est d'ailleurs, on le sait, employé par l'artillerie depuis bien longtemps), et que M. Cousin, de Condé, l'avait breveté en 1868. Après un assez long usage aux mines de Condé, on y avait renoncé à la suite d'un accident provoqué par un ouvrier qui, se retirant après avoir préparé sa mine, et tenant le cordeau dans sa main, tomba et provoqua prématurément le tirage du coup qui le tua.

M. Johann Meyer, ingénieur en chef à la Ferdinands-Nordbahn, vient de rendre compte (**) des résultats qui

(*) Elles sont fabriquées par M. Csánk, à Vienne. — Adresse : Ed. F. Csánk, Wien II.

(**) *Österreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen* (16 février 1889).

ont été obtenus, dans les mines de Polnisch-Ostrau appartenant à la Ferdinands-Nordbahn, par l'emploi exclusif des amorces Lauer, qui y est fait depuis novembre 1887.

M. Meyer, sur le rapport duquel une partie importante du prix de 1.000 ducats proposé par les exploitants d'Ostrau-Karwin, avait été décernée à M. Lauer, fait connaître que le nombre des ratés, d'abord considérable (14,3 p. 100), a diminué beaucoup après des perfectionnements de détail dans la fabrication, jusqu'à n'être plus que de 0,1 p. 100 dans le mois de novembre 1888.

Le nombre des amorces consommées a été, jusqu'au milieu de décembre dernier, de 82.938; six accidents seulement ont été signalés, dont un seul a rendu l'ouvrier incapable de travail. Depuis le mois de juin 1888, aucun nouveau malheur n'est arrivé, et M. Meyer attribue cette circonstance au perfectionnement de la fabrication.

Deux accidents ont eu lieu en revenant, malgré la défense, sur un coup raté.

Un troisième est arrivé au moment où l'ouvrier dégageait la corde déjà tendue et accrochée.

Un quatrième a été causé par la chute, sur le fil métallique de l'amorce, de l'ouvrier monté sur une planche pour le bourrage.

Un cinquième a frappé un ouvrier resté, malgré les prescriptions, dans la galerie en face du trou, et à une distance trop faible; il fut atteint par un fragment de houille.

Enfin un sixième fut causé par l'explosion de la cartouche pendant le bourrage, probablement par suite d'un coup trop violent.

L'emploi de l'amorce Lauer n'est donc pas tout à fait sans danger, et il paraît très désirable qu'on puisse parvenir à rendre pratique le tirage à l'électricité.

IV. — LAMPE HEATH AND FROST POUR L'ALLUMAGE
DES MÈCHES DE SÛRETÉ.

La Société anglaise qui exploite les brevets Heath and Frost a communiqué à la Commission le spécimen d'une lampe de sûreté permettant d'allumer sans danger la mèche de sûreté dans les mines à grisou. Les ingénieurs d'Anzin ont bien voulu se charger de l'essai de cet appareil; on trouvera plus loin le rapport que M. Petit a rédigé à ce sujet.

V. — CONTINUATION DES EXPÉRIENCES AUTRICHIENNE
ET PRUSSIENNE.

Il a été rendu compte, dans le rapport de la Commission des substances explosives, des expériences alors publiées, faites sur les explosifs par les Commissions prussienne et autrichienne. De nouvelles expériences ont vu le jour depuis cette époque, et on va en faire connaître sommairement les résultats.

1° *Commission autrichienne.*

Les expériences fort intéressantes de la Commission autrichienne ont été faites, sous la direction de M. Joh. Meyer, sur le puits Wilhelm de la Kaiser-Ferdinands-Nordbahn (Polnisch-Ostrau), de mai à novembre 1888. M. Meyer en a rendu compte sommairement dans l'*Österreichische Zeitschrift für Berg und Hüttenwesen* (n^{os} des 9, 16, 23, 30 mars; 6 et 13 avril 1889).

Les expériences se faisaient, comme celles de la Commission prussienne, dans une sorte de galerie construite à la surface et dans un compartiment de laquelle on fai-

sait arriver du grisou de la mine. Des poussières de houille étaient répandues sur le sol, non pas pour rendre plus dure l'épreuve imposée à l'explosif, mais seulement pour la préservation de la galerie, et parce qu'on avait observé qu'avec le gaz pur les effets dynamiques causés par l'inflammation sont plus violents (*).

La cartouche était posée à terre, ce que M. Meyer considère avec raison comme plus favorable à l'inflammation que de suspendre la cartouche au milieu du gaz. La Commission française n'avait pas employé cette disposition dans la crainte de détériorer rapidement la chaudière.

Pendant les mois d'août et de novembre, on fit surtout des essais sur la sécurité procurée par les cartouches de sûreté. On constata, comme l'avait fait auparavant la Commission française, qu'il suffisait d'envelopper une cartouche de dynamite d'une mince couche (10^{mm}) de sable sec pour rendre impossible l'inflammation du mélange gazeux (tenant 9 p. 100 de grisou), tandis que la cartouche nue l'enflamme inévitablement.

On peut remplacer le sable sec par diverses substances, parmi lesquelles nous citerons : du papier brouillard mouillé entouré de 1 millimètre environ de sable; du papier brouillard grossier en double et trempé dans l'eau, de manière à en retenir 30 grammes environ, etc.

Une charge de 200 grammes de dynamite introduite dans un trou percé au milieu d'un gros lingot d'acier, ayant 170 millimètres de sable au-dessous et 80 millimètres de sable humide au-dessus d'elle, déboussa sans

(*) Wenn nun trotzdem Kohlenstaub beigemischt wurde, so wollte man damit nur die dynamischen Wirkungen der Explosion, zur Schonung des Versuchstollens, abschwächen, welche bei reinem Gasexplosionem heftiger verlaufen.

allumer le gaz. Le même résultat fut obtenu en remplaçant le sable humide par l'argile sèche.

Au contraire, une charge de 150 grammes de poudre noire comprimée placée dans un trou de mine creusé au sol de la galerie, et bourrée par une hauteur de 600 millimètres de sable humide, enflamma le gaz.

Ces observations ne font que confirmer les faits qu'a signalés la Commission française, et dont elle a donné une explication rationnelle.

Les expériences de la Commission autrichienne ont porté surtout sur le mélange contenant :

Nitroglycérine.	52
Silice.	14
Carbonate de soude cristallisé	34
	<hr/>
	100

Ce mélange que M. Meyer appelle la *Sodawetterdynamit* aurait, d'après les essais faits dans des blocs de plomb, une puissance explosive inférieure à celle de la dynamite-gélatine (gélatine-dynamit) n° 2 et supérieure à celle de la dynamite n° 3. Il semble résulter de là qu'il faudrait considérer la puissance explosive comme étant à peu près la moitié de celle de la dynamite n° 1.

On a essayé aussi des mélanges de nitroglycérine et de chlorhydrate d'ammoniaque que M. Meyer appelle des *Ammoniak-Wetterdynamiten*. On a essayé trois proportions différentes :

I. Nitroglycérine.	60
Chlorhydrate d'ammoniaque.	40

La force explosive du mélange serait comprise entre celles des dynamites 1 et 2.

II. Nitroglycérine.	50
Chlorhydrate d'ammoniaque.	50
III. Nitroglycérine.	40
Chlorhydrate d'ammoniaque.	60

La force explosive de ce dernier mélange serait sensiblement égale à celle de la sodawetterdynamit.

Les résultats des essais faits sur la sodawetterdynamit sont condensés dans le tableau suivant :

POIDS de la cartouche	TENEUR DU MÉLANGE en grisou pour 100 du mélange	RÉSULTAT. I inflammation du gaz. N non inflammation du gaz.
100 gr.	6 p. 100	N
200	id.	id.
—	—	—
200	7	N
—	—	—
100	8	N (3 exp.).
150	id.	N
200	id.	I
—	—	—
100	9	N (5 exp.).
150	id.	N (2 exp.).
id.	id.	I (1 exp.)
200	id.	N (Charge totale formant 2 cartouches).
id.	id.	I (2 exp.) Charge totale formant une seule cartouche.

Une cartouche de 300 grammes placée, sans bourrage, au fond d'un trou percé dans un lingot d'acier, a détoné sans enflammer le mélange contenant 9 p. 100 de grisou.

Une circonstance très intéressante, c'est qu'une cartouche de 150 grammes et même une cartouche de 100 grammes, fabriquées l'une et l'autre en juin et tirées le 24 août, ont allumé le mélange tenant 9 p. 100 de grisou. M. Meyer paraît disposé à attribuer cette anomalie à une déshydratation partielle du sel de soude, laquelle commence vers 34°. Aussi recommande-t-il de n'employer que des mélanges récemment préparés. Cette recommandation semble difficile à suivre et il y a là un sérieux obstacle à l'emploi courant de l'explosif.

Quelques essais ont été faits sur des mélanges de nitroglycérine et de chlorhydrate d'ammoniaque. Le n° 3,

dont la force explosive est la même que celle de la sodawetterdynamit, ne s'est pas montré plus sûr, car une cartouche de 150 grammes a mis le feu au gaz contenant 9 p. 100 de grisou. On peut cependant faire remarquer qu'à égalité de sécurité, le mélange explosif vaudrait mieux que la sodawetterdynamit, car il est beaucoup plus stable.

La Commission autrichienne a fait d'assez nombreuses expériences avec des cartouches de dynamite placées sur le sol recouvert de poussières charbonneuses. Elle a constaté que la détonation d'une cartouche de 50 grammes suffit à produire l'inflammation des poussières, tandis qu'une charge de 500 grammes de sodawetterdynamit ne la produit pas.

2° Commission prussienne.

Le rapport de M. H. Lohmann (*) ne contient que la description des nombreuses expériences faites; on n'y trouve ni conclusion ni résumé.

Les expériences ont porté surtout sur la wetterdynamit contenant 40 p. 100 de carbonate de soude et 60 p. 100 de dynamite. Avec des cartouches posées sur un bloc de bois et une atmosphère contenant 10 p. 100 de grisou on a obtenu les résultats suivants :

325 gr.	N (non inflammation du gaz).
350	id.
445	id.
460	id.
480	id.
Id.	I (inflammation du gaz).

(*) Bericht über weitere in der Versuchstrecke zur Grube König bei Neunkirchen (Saarbrücken) angestellte Untersuchungen bezüglich des Verhaltens brisanter Sprengstoffe gegen Schlagwetter und Kohlenstaub. (*Zeit. für Berg, Hütten und Salinenwesen*, 1889, 1 Heft, page 83.)

On essaya des coups débourrants provoqués dans un trou de 460 millimètres de longueur, de 55 millimètres de diamètre percé dans un bloc d'acier de 690 millimètres de hauteur et 495 millimètres de côté. Le bloc avait été essayé avec une cartouche de 380 grammes de dynamite; la charge maxima dans les expériences était de 250 grammes. Le bloc était maçonné dans le mur de fond de la galerie, de manière que l'orifice libre du trou fût à 32 millimètres au-dessus du sol et que le prolongement de l'axe du trou vint rencontrer le sol de la galerie à 5 millimètres du mur.

Avec des charges de 250 grammes de wetterdynamit placées dans le trou sans bourrage, on obtint 1 inflammation de poussières sur 6 expériences. Dans le grisou, sur 14 expériences faites avec 8 p. 100 et 11 expériences faites avec 10 p. 100 de grisou, on n'obtint pas une seule inflammation. Les essais étaient donc très satisfaisants. Dans la mine, on constata que la force est les $\frac{3}{2}$ environ de celle de la poudre noire, et que l'abatage du charbon se fait avec cet explosif dans de bonnes conditions.

Toutefois, deux incidents graves sont signalés. Le 10 avril, la provision de 1.000 kilogrammes conservée en magasin se gela; on fit dégeler, sans précaution suffisante, 75 kilogrammes dans l'eau chaude; le carbonate de soude perdit son eau, la dynamite exsuda et les cartouches durent être détruites.

Dans un essai de 2.000 kilogrammes fait le 4 juillet, les cartouches commencèrent, dès la fin d'août, à laisser spontanément exsuder la nitroglycérine; conformément aux règlements de la police des mines, 189 kilogrammes durent être détruits. On attribua cet accident à la mauvaise fabrication des cartouches et à l'insuffisance de la quantité de silice employée.

Quelques essais favorables, mais insuffisants, ont été faits avec divers mélanges de dynamite avec du carbo-

112 EMPLOI DES EXPLOSIFS DANS LES MINES A GRISOU.

nate d'ammoniaque, de l'oxalate d'ammoniaque et de l'azotate de soude. On donne comme la composition la plus satisfaisante :

Oxalate d'ammoniaque	45
Azotate de soude	15
Dynamite	40

D'autres essais ont été fait dans le bloc d'acier avec cinq sortes d'explosifs présentés par M. Favier. Une de ces cinq sortes n'a pas allumé le gaz contenant 8 et 10 p. 100 de grisou, lorsqu'on plaçait une cartouche de 250 grammes, sans bourrage, dans le trou de mines. Mais on ne dit pas quelle était la composition de cette sorte.

De nombreuses expériences ont enfin été faites avec diverses substances nommées : *carbonite*, *sécurite*, *roburite*, *carbodynamite*; mais la composition de ces substances a été tenue secrète et elle paraît même avoir varié au cours des essais. Les résultats de ceux-ci sont donc dépourvus d'intérêt; nous nous dispenserons d'en rendre compte.

Les expériences faites sur des coups débourrants avec ou sans bourrage ont été assez peu nombreux, à cause de la difficulté qu'elles présentent. Ce sont celles qui se rapprochent le plus de ce qui peut se passer dans l'intérieur des mines. Il nous semble donc intéressant de rapporter les expériences suivantes dues à la Commission prussienne, bien qu'elles portent sur des explosifs dont l'insécurité est connue.

Poudre noire ordinaire.

100 gr. <i>sans</i> bourrage,	sans grisou.	Inflammation de poussière (2 exp.).
Id. <i>avec</i> bourrage,	Id.	Pas d'inflammation de poussière (11 exp.).
150 id.	Id.	Inflammation (1 fois sur 2 exp.).
200 id.	Id.	Inflammation.
250 id.	Id.	Id.
—	—	—
250 id.	8 p. 100 grisou.	Explosion (1 fois sur 2 exp.).

Dynamite-gomme.

100 gr. <i>sans</i> bourrage,	sans grisou.	Inflammation de poussière (3 exp.).
Id. <i>avec</i> bourrage,	Id.	Pas d'inflammation de poussière.
150 id.	Id.	Inflammation de poussière (3 exp.).
—	—	—
100 <i>sans</i> bourrage,	8 p. 100 grisou.	Explosion.
Id. <i>avec</i> bourrage,	Id.	Id.

Dynamite-gelatine I.

100 gr. <i>sans</i> bourrage,	sans grisou.	Inflammation de poussière (6 exp.).
Id. <i>avec</i> bourrage,	Id.	Pas d'inflammation de poussière.
150 id.	Id.	Id.
200 id.	Id.	Id. (6 exp.)
250 id.	Id.	Inflamm. de poussière (2 fois sur 12 exp.).
—	—	—
100 gr. <i>sans</i> bourrage,	5 p. 100 grisou.	Pas d'explosion.
Id. id.	8 p. 100 grisou.	Faible explosion.
250 id.	Id.	Fort explosion.
200 gr. <i>avec</i> bourrage,	8 p. 100 grisou.	Pas d'explosion.
250 id.	5 p. 100 grisou.	Explosion (1 fois sur 7 exp.).
Id. id.	6 p. 100 grisou.	Explosion (1 fois sur 2 exp.).
Id. id.	8 p. 100 grisou.	Explosion (1 fois sur 10 exp.).

Dynamite-gelatine II.

100 gr. <i>sans</i> bourrage,	sans grisou.	Inflammation de poussière.
Id. <i>avec</i> bourrage,	Id.	Pas d'inflammation de poussière.
150 id.	Id.	Id. Id. (9 exp.).
200 id.	Id.	Inflamm. de poussière (1 fois sur 2 exp.).

Dynamite (à 77 pour 100 de nitroglycérine).

100 gr. <i>sans</i> bourrage,	sans grisou.	Inflammation de poussière (2 exp.).
250 <i>avec</i> bourrage,	Id.	Inflammation (1 fois sur 27 exp.).
—	—	—
100 gr. <i>sans</i> bourrage,	5 p. 100 grisou.	Pas d'explosion.
Id. id.	8 p. 100 grisou.	Explosion.
250 <i>avec</i> bourrage,	5 p. 100 grisou.	Id.
Id. id.	8 p. 100 grisou.	Id.

3° Expériences de Schlesbuch.

Nous terminerons en mentionnant des expériences qui ont eu du retentissement, parce qu'elles ont eu lieu en présence d'un certain nombre d'ingénieurs belges, parmi lesquels se trouvait l'éminent directeur général des mines de Belgique, M. Arnould, et parce qu'elles ont été publiées dans la *Revue universelle des mines* (3^e série, t. V,

janvier 1889). Ces expériences ont été faites en juin dernier à la fabrique d'explosifs que la *Dynamit-Action Gesellschaft* possède à Schlesbuch, près Cologne.

Elles avaient pour but principal de montrer la sécurité que procure un explosif auquel on donne le nom de grisoutite (*wetterdynamit*), mais dont on ne donne pas la composition. On peut cependant le supposer identique à la *wetterdynamit* de la Commission prussienne, c'est-à-dire composé de 40 p. 100 de carbonate de soude cristallisé et 60 p. 100 de dynamite.

L'explosif était placé dans un trou percé au milieu d'un bloc d'acier; au-dessus de ce bloc était disposé un cylindre en tôle assez épaisse, ayant 1^m,50 de hauteur et 1^m,20 de diamètre, dont un joint hydraulique étanche fermait la partie inférieure; l'orifice supérieur était fermé, au moment de chaque expérience, par une toile vernie ou paraffinée, serrée sur le rebord du cylindre par un fort cordon en caoutchouc. Le cylindre était muni de portes et de regards fermés avec des plaques de mica. L'explosif étant placé dans le trou, on achevait de remplir celui-ci avec des poussières de houille (ce qui, contrairement à l'intention des observateurs, augmentait beaucoup la sécurité); on introduisait le gaz, on le mélangeait à l'air avec une sorte d'agitateur à ailettes en carton, que l'on pouvait tourner du dehors; on chauffait ce gaz à une température connue en faisant passer de la vapeur dans un petit serpentin formé de trois à quatre spires placées au fond du cylindre. Ces opérations achevées, on faisait partir l'explosif par l'électricité, en notant, par les regards, l'effet produit.

La grisoutite avait résisté victorieusement à toutes les épreuves avec des charges de 250 grammes, lorsque, la température dans l'intérieur étant montée accidentellement à 34°, la détonation de la charge de 250 grammes (placée sans bourrage dans le trou) alluma le gaz. Dans

deux expériences suivantes, la température fut maintenue à 30°, et il n'y eut pas inflammation du gaz; on porta alors de nouveau la température à 35°, et l'inflammation du gaz se produisit encore.

Le lendemain, on plaça au-dessus de la charge 12 centimètres cubes de carbonate de soude cristallisée, on acheva de bourrer avec des poussières de houille, et l'inflammation ne se produisit plus, même à la température de 35°.

Une grisoutite, dans laquelle on augmenta la proportion de carbonate de soude, n'enflamma pas non plus le gaz. avec une charge de 200 grammes seulement, il est vrai, au lieu de 250 grammes.

Ces expériences, dans lesquelles on ne donne point la composition de ce qu'on appelle la *grisoutite*, seraient par elles-mêmes sans intérêt, si elles ne démontraient que vers 35° la décomposition du carbonate de soude hydraté modifie complètement les propriétés des mélanges de dynamite et de carbonate de soude, et peut supprimer plus ou moins complètement la sécurité qu'on en attend.

4° Résumé.

Les expériences que nous venons de faire connaître confirment les conclusions de la Commission française des explosifs, en ce qui regarde le danger que peuvent présenter, surtout avec un bourrage nul ou insuffisant, les explosifs brisants tels que la dynamite, la dynamite-gélatine et la dynamite-gomme. Les premières séries d'expériences de la Commission prussienne, qui avaient amené celle-ci à formuler des conclusions tout à fait contraires, sont formellement infirmées, et les résultats obtenus dans ces recherches restent inexplicables.

Ni en Prusse, ni en Autriche, les observateurs ne pa-

raissent avoir eu connaissance des recherches de la Commission française, bien que celles-ci aient été publiées, au moins sommairement, dans les *Comptes rendus* de l'Académie des sciences, le 9 juillet 1888.

Beaucoup de recherches ont été faites sur des explosifs dont la composition est tenue secrète et dont l'individualité, si l'on peut s'exprimer ainsi, n'est constatée que par des noms de fantaisie. Ces noms, il n'est pas besoin de le remarquer, peuvent s'appliquer à des substances très différentes et qui peuvent varier au gré du fabricant; les expériences faites sur ces substances n'ont donc aucune signification précise, si ce n'est peut-être pour le fabricant lui-même. Nous pensons qu'une disposition réglementaire et de police devrait interdire le commerce de cartouches explosives ne portant pas l'indication de leur exacte composition. Nous croyons, qu'en attendant, aucune expérience ne devrait être publiée, surtout par une commission officielle, sur des explosifs dont la composition précise ne serait pas indiquée et certifiée par le fabricant; en l'absence de cette donnée, les expériences, non seulement sont de nul intérêt, mais encore elles peuvent gravement induire le consommateur en erreur.

Les Commissions prussienne et autrichienne sont d'accord pour recommander l'emploi des mélanges de dynamite et de carbonate de soude cristallisé. Nous ne pouvons nous associer à cette conclusion, car non seulement ces mélanges ont une force explosive très faible, mais encore la facile déshydratation du sel peut amener de graves inconvénients. On a vu en effet, plus haut, que si l'on essaie de dégeler à l'eau chaude des cartouches de dynamite gelée, la nitroglycérine est chassée des pores de la silice et exsude si la température de l'eau est portée jusque vers 35°; les cartouches deviennent alors très dangereuses. Le même effet peut se produire pendant

l'été, comme on l'a vu, dans les magasins où les cartouches sont emmagasinées; des cartouches préparées depuis plusieurs semaines peuvent être ainsi sérieusement avariées. Il nous paraît difficile de recommander l'emploi d'un explosif aussi instable, qui peut provoquer de graves accidents, même en l'absence du grisou.

On peut s'étonner qu'on n'ait pas essayé, avec plus de suite, de substituer au carbonate de soude, comme l'avait fait la Commission française, divers autres sels, facilement gazéifiables, mais plus stables. Nous n'avons pas besoin d'ailleurs de rappeler les raisons qui ont porté la Commission française à abandonner les mélanges de cette nature, et à remplacer le sel inerte par un sel explosif par lui-même, tel que l'azotate d'ammoniaque; on peut ainsi obtenir toute la sécurité désirable, sans l'acheter au prix d'un trop grand affaiblissement de la force explosive.

MINES D'ANZIN.

Note sur des essais exécutés aux mines d'Anzin avec des amorces « Lauer ».

Description des amorces. — Ces amorces consistent essentiellement en une étoupille de friction coiffée d'une capsule renforcée contenant 75 centigrammes de fulminate de mercure.

L'étoupille de friction se compose d'un cylindre creux en cuivre *acbac* portant une partie étranglée *cc* (voir la *fig.* 15, Pl. I, double grandeur). Dans ce cylindre s'en trouve un autre *eded* fendu suivant une génératrice et auquel est fixé un fil de fer *fgh*. L'extrémité de ce fil de fer est aplatie et se recourbe de 7 à 8 millimètres entre les deux cylindres; la partie *fg* est aussi aplatie et dentelée et au delà le fil de fer a 1^{mm},5 de diamètre. Au-dessous de la partie étranglée *cc* se trouve la matière fusante

MM et en dessous un petit bouchon de papier *nn*. Au delà on place du papier enroulé autour du fil pour maintenir le diamètre du tube, puis le tout est recouvert d'un cylindre de carton très fort ayant au moins 1 millimètre d'épaisseur. A l'extrémité le fil de fer traverse un mastic mou et se recourbe comme l'indique le croquis, il est maintenu dans cette position par un manchon de papier *ijij*. Le fonctionnement est très simple : si l'on vient à tirer sur le fil de fer la partie plate et dentelée *fg* s'engage dans la matière fusante qui prend feu et la flamme, n'ayant pas de débouché à l'arrière, est projetée en avant et provoque la détonation du fulminate de la capsule.

L'amorce Lauer est fixée dans la cartouche amorce de la même manière que la fusée munie de sa capsule. Le bourrage se fait comme d'habitude. On attache l'extrémité d'une ficelle très souple de 30 à 50 mètres de longueur, et qui a été déroulée au préalable dans la galerie, à la boucle du fil de fer sans défaire le manchon de papier *ijij*. Une fois garé, on tire sur la corde, le fil de fer se redresse en déchirant le manchon de papier, puis le rugueux pénètre dans la matière fusante, l'enflamme et l'explosion se produit. Les fabricants recommandent de déchirer le manchon de papier et de redresser le fil avant d'attacher la corde, mais cette pratique paraît plus dangereuse que la précédente. Si la galerie est trop sinueuse on place une petite poulie de renvoi pour que la direction de l'effort ne diffère pas trop de celle du trou de mine.

La *fig. 16*, Pl. I, indique comment le cordon est disposé pour faire jouer quatre mines à la fois. Il faut une certaine habitude pour obtenir une simultanéité complète.

Résultats obtenus. — On a fait jouer environ soixante-dix mines sans un seul raté. Les essais ont été faits dans trois fosses différentes, Réussite, Enclos, Bleuse-Borne, et partout les résultats ont été satisfaisants. Nous avons l'intention d'appliquer ce système d'une façon complète à la fosse Réussite afin de juger de son efficacité pratique.

Comparaison des prix de revient des différents systèmes d'amorçages et du temps employé pour faire jouer une mine. — Quel que soit le procédé, la capsule est renforcée et contient 75 centigrammes de fulminate de mercure.

1° Procédé ordinaire avec la mèche de sûreté.

La dépense comprend une capsule 0^f 040, un mètre de mèche 0^f,033 et environ 0^f,005 d'amadou. Total = 0^f,078.

Le temps employé est de 8 minutes environ, compris la durée

de combustion de la mèche et le temps que les fumées mettent à se dissiper.

2° Procédé avec l'amorce Lauer.

La dépense comprend une amorce 0',12 et l'usure de la corde 0',02, soit au total 0',14.

Le temps employé pour faire jouer une mine comme précédemment est aussi de 8 minutes.

3° Procédé avec l'électricité (systèmes Bornhard ou Ducretet, essayés à Anzin).

La dépense comprend une amorce avec fils de 1^m,20 pour 0',30, accessoires et amortissement 0',05, soit au total 0',35.

Le temps employé pour faire jouer une mine comme précédemment est en moyenne de 12 minutes.

Conclusions. — Le procédé d'allumage avec l'amorce Lauer coûte un peu plus cher que le procédé avec la mèche de sûreté, mais en revanche il coûte moins cher que les procédés électriques employés jusqu'ici. L'amorce Lauer pourrait permettre de supprimer la mèche de sûreté et par suite le danger d'inflammation du grisou par la flamme que la mèche projette pendant la combustion de la partie située en dehors du bourrage.

En combinant l'emploi de l'amorce Lauer avec les nouveaux explosifs, il semble que l'on pourrait faire jouer des mines dans des milieux grisouteux sans danger. Néanmoins, il sera toujours prudent de ne pas procéder à des tirages de mines dans une atmosphère grisouteuse.

L'amorce Lauer, comme l'électricité, permet de retourner immédiatement sur les mines ratées.

Les principaux reproches à adresser à ce procédé sont les suivants :

1° On ne peut faire sauter un grand nombre de mines avec autant de simultanéité qu'avec l'électricité, car ce système n'est guère pratique que pour faire jouer une ou deux mines à la fois.

2° Les amorces Lauer ont 1 mètre de longueur; elles sont encombrantes et assez difficilement transportables dans les couches minces du Nord.

3° Dans les galeries rectilignes, on sera obligé de construire des abris à 40 mètres des fronts pour éviter les projections de rocher.

4° Il est à craindre que la fabrication de ces amorces ne soit pas toujours satisfaisante. Déjà quelques mines de la Silésie autrichienne qui avaient adopté complètement ce système, l'ont

abandonné à la suite de livraisons défectueuses (renseignements donnés par le directeur de la mine de Karwin).

5° Ce système présentera certains dangers tant que les mineurs n'y seront pas habitués. Un ouvrier maladroit peut provoquer le sautage d'une mine avant d'être à l'abri.

Observations. — Le procédé de mettre le feu aux mines avec des étoupilles de friction n'est pas nouveau. M. Cousin, de Condé, a pris un brevet vers 1868 et les mines de Vieux-Condé ont employé, en 1869, 4.713 amorces Cousin sur lesquelles il n'y a eu que 128 ratés, soit environ 2,5 p. 100. Un accident mortel s'étant produit en juillet 1869, ce système a été abandonné.

Cet accident est arrivé dans les circonstances suivantes : l'ouvrier se retirait après avoir préparé sa mine, il tenait le cordeau dans sa main lorsqu'il tomba dans la galerie et dans sa chute n'ayant pas abandonné le cordeau, il provoqua le tirage de la mine prématurément et fut tué.

Pareil accident pourrait arriver avec les amorces Lauer.

Note sur la lampe « Heath et Prost's ».

But de la lampe. — La mèche Bickford, communément employée pour provoquer la détonation de l'amorce dans le sautage des coups de mine, est une source de dangers lorsque son inflammation a lieu dans un mélange grisouteux. Les inventeurs de la lampe Heath, essayée à Anzin, ont eu pour but de supprimer cette cause permanente d'accidents, en imaginant un dispositif spécial que nous allons décrire :

Description de la lampe. — Le problème à résoudre consistait à se servir de la flamme d'une lampe de sûreté, Mueseler ou autre, pour mettre le feu à la mèche, tout en isolant soigneusement la chambre intérieure de combustion de l'atmosphère extérieure.

Pour obtenir ce résultat, la lampe est traversée par un tube T (fig. 17, Pl. I) percé, à hauteur de la mèche, de deux petits trous (o_1 — o_2) placés sur un même arc de cercle ; la mèche à enflammer s'introduit par le bas, les gaz de la combustion de la poudre s'échappent par le haut ; la partie supérieure du tube porte un tronc de cône renversé sur lequel s'appuie le tamis de la lampe ; son extrémité est coiffée d'un chapeau à double treillis.

Le tube T est entouré de deux gaines cylindriques : la gaine supérieure A mobile, munie d'un appendice (a) se terminant par un mentonnet qu'actionne une came semblable (c) appartenant au levier de commande (L), comprime, dans son mouvement, le ressort S ; la gaine inférieure, fixe, porte une petite équerre-guide, percée d'un trou (o_3) à même hauteur que ceux du tube.

Le levier (L), qu'on manœuvre à l'aide d'une petite poignée placée en dessous du réservoir d'huile, porte, soudé à son extrémité, un fil de fer (F) de 1 millimètre de diamètre, recourbé suivant un arc de cercle, et guidé dans sa course par l'équerre (E).

Mode d'emploi de la lampe. — En imprimant à la poignée un léger mouvement de rotation dans le sens de la flèche (1), la came inférieure soulève le mentonnet à la gaine supérieure mobile, le ressort se comprime et les ouvertures (o_1 — o_2) laissent passer le fil recourbé qu'on fait rougir à la flamme de la lampe. On introduit ensuite la partie de la fusée extérieure au trou de mine dans le tube et on la pousse jusqu'à ce qu'elle vienne buter au fil recourbé.

En actionnant la poignée dans le sens de la flèche (2), le fil rougi passe sur la mèche et met le feu à la poudre dont les gaz s'échappent par le tube ; le ressort renvoie la gaine mobile sur la gaine inférieure et les ouvertures (o_1 — o_2) de communication directe entre la chambre de combustion et l'air extérieur sont fermées.

Discussion sur la valeur de la lampe. — 1° Pour que cette lampe remplisse le but qu'on lui demande, il faut évidemment ne la retirer de la fusée en ignition que lorsque les projections d'étincelles sont terminées.

Un grand nombre d'essais opérés sur la mèche Bickford, dont nous nous servons, nous ont permis de constater que les projections ne s'arrêtent que lorsque la fusée a été brûlée sur une longueur variant entre 5 et 8 centimètres.

Il est bon de se demander, en outre, si un défaut dans la mèche, tel qu'une solution de continuité dans la tresse protectrice, devient sensible, quand il se trouve dans le tronçon de fusée placé dans le trou de mine.

Pour le vérifier, nous nous sommes servi d'un tube en fer de 25 millimètres de diamètre et de 70 centimètres de longueur, fermé par un tampon en bois à une de ses extrémités et librement ouvert à l'autre bout ; on y introduit la fusée à essayer qu'on bourre soigneusement avec du sable fin.

Si le défaut de la mèche existe dans la partie extérieure au trou de mine, on observe, après les premières étincelles de l'allumage, une seconde série de projections, quand la flamme intérieure arrive au point endommagé; si, au contraire, ce défaut se trouve dans la partie plongée dans le trou de mine, n'y eût-il, pour le recouvrir, que 1 centimètre de sable bourré, la seconde série de projections ne se produit pas.

La conséquence rationnelle des observations présentées plus haut est la suivante : pour que la lampe soit pleinement de sûreté et qu'on n'ait rien à redouter des imperfections de la mèche, il faut ne laisser en dehors du trou de mine qu'une longueur de mèche maxima de 10 centimètres. Le surveillant boute-feu coiffe la fusée avec la lampe de sûreté et attend pour se retirer que les 10 centimètres soient brûlés.

Cette obligation ne sera pas gênante, en général, car, dans le creusement des murs d'une veine grisouteuse, on a d'ordinaire toute facilité de forer des trous de mine de 1^m,20 et même de 1^m,50 de profondeur. Quand on sera contraint par une nécessité quelconque de creuser des trous moins profonds, la longueur de fusée qu'il conviendra de laisser libre en dehors du fourneau étant plus considérable, la lampe ne sera de pleine sécurité que si la mèche employée est de bonne qualité.

2° Un autre point important à élucider est de vérifier si l'isolement de la chambre intérieure de combustion avec l'atmosphère ambiante est parfaitement réalisé. Or, il est visible que, dans le mouvement de rotation du fil recourbé, il existe un temps d'une durée d'autant plus appréciable que la force du ressort est moins grande, pendant lequel le tube est en communication par les ouvertures ($o_1 - o_4$) avec la chambre et l'air extérieur. Ne serait-il pas à la fois plus sûr et plus simple de supprimer le ressort, la gaine mobile, de réduire au minimum le jeu entre le fil recourbé et ses ouvertures de passages, et enfin de le munir d'une petite embase, pour que son extrémité vienne buter sur la paroi du tube, sans jamais la dépasser.

CONCLUSIONS.

1° La lampe Heath offre une sécurité très grande dans la majorité des cas; toutefois, pour l'allumage des mines de faible profondeur, il faut compter sur la bonne qualité de la mèche qui ne doit, en aucun cas, donner de projections latérales. Il semble possible d'obtenir des mèches de très bonne qualité : la mèche

anglaise, que nous avons essayée, paraît, en raison de son bon tissage, résoudre la question.

2° Elle est susceptible, à notre avis, d'une modification la rendant plus simple est plus sûre.

Anzin, le 1^{er} juin 1889.

Signé : P. PETIT.

Ingénieur de la fosse Bleuze-Borne
(Compagnie d'Anzin).

EXPÉRIENCES

A PROPOS

DE LA SOUPAPE DE SURETÉ

DE M. DULAC

Par M. C. WALCKENAER, ingénieur des mines.

M. L. Dulac a constitué un type de soupape de sûreté, dont l'examen a été l'origine et fait l'objet spécial de cette étude.

Nature du problème. — Il faut d'abord rappeler quelle question se pose aux inventeurs des soupapes perfectionnées.

L'effort nécessaire pour soulever une soupape croît avec le soulèvement, si la soupape est chargée par un ressort ; il est constant, si elle est chargée par un poids. Or, pour toute soupape de sûreté de forme ordinaire appliquée à un générateur de vapeur, si la pression intérieure du générateur demeure constante, l'effort exercé par la vapeur décroît quand la soupape se lève, en raison de la diminution de la pression moyenne sous le clapet, qui résulte de l'écoulement du fluide.

Dans ces conditions, la soupape ne prend une levée importante que lorsque la pression dans le générateur monte, au-dessus de la valeur qui détermine le soulèvement initial, d'une quantité croissante avec la grandeur de la levée.

Pour assurer par son libre jeu une régulation de pression satisfaisante dans un générateur, une soupape de ce genre doit donc donner un débit suffisant sous une faible levée, c'est-à-dire recevoir un diamètre suffisamment grand. Mais la grandeur du diamètre est au détriment de la commodité de l'emploi, de la facilité du réglage et de la permanence de l'étanchéité.

L'objet de l'invention des soupapes perfectionnées est d'obtenir une limitation automatique de la pression au moyen d'organes de dimensions réduites, à la condition qu'ils soient assez simples pour que le bénéfice de cette réduction de grandeur ne soit pas contre-balancé par des inconvénients nouveaux.

Jeu des soupapes ordinaires. — Il importe, avant d'aller plus loin, d'être fixé sur l'importance des effets qui viennent d'être signalés comme caractérisant le jeu des soupapes ordinaires. Le raisonnement qui précède est vague et même incomplet : il ne tient compte ni des frottements, ni de ce que, la soupape une fois soulevée par la pression statique, la surface qu'elle offre à l'action de la vapeur se trouve accrue de l'aire de sa zone de *portage* et du rebord extérieur que peut en outre, même dans une soupape ordinaire, présenter le clapet. Le phénomène de l'échappement de la vapeur par une soupape donnée est trop complexe, et les formules théoriques que l'on possède au sujet de l'écoulement des vapeurs, reposent sur des hypothèses trop peu sûrement réalisées en pratique, pour que l'on puisse *a priori* appliquer le calcul à une analyse de ce genre. Il a semblé que quelques expériences, effectuées sur une bonne soupape de l'industrie, fourniraient le moyen le plus propre à éclairer la question.

Expériences faites à l'usine des goudrons de la Com-

pagnie parisienne du gaz. — C'est grâce à l'extrême obligeance de M. Camus, directeur de la Compagnie parisienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, et de tout le personnel technique de la Compagnie, qu'il a pu être procédé, dans des conditions comparables entre elles, aux essais qui vont être relatés sur une soupape ordinaire, et aux essais sur la soupape Dulac dont la relation prendra place dans la suite de ces notes. De vifs remerciements sont dus à M. Dulac, qui a pris toute la peine des préparatifs des expériences, et les a disposées avec le soin le plus consciencieux.

Ces essais ont eu lieu sur un groupe de générateurs à bouilleurs de l'*Usine des goudrons* de la Compagnie du gaz, en juin 1888 et en mars 1889. On va d'abord indiquer le mode d'observation qui leur a été commun ; on décrira ensuite leurs conditions particulières et leurs résultats.

Appareil enregistreur. — La *fig. 1*, Pl. II, montre les dispositions essentielles de l'appareil enregistreur, construit par MM. Richard frères, qui a permis de noter simultanément les variations de la pression intérieure du générateur et les levées de la soupape.

Un cylindre AB A'B', actionné par un mouvement d'horlogerie, fait mouvoir une feuille de papier devant deux styles Σ , Σ' , portés respectivement par deux aiguilles i et d mobiles autour d'un axe fixe o , et destinés à tracer chacun sur le cylindre un diagramme distinct, ainsi qu'il suit.

Un manomètre s , par l'intermédiaire de la bielle $g''g'$ et du levier coudé $g'gh'$, actionne une barre $h'h$ terminée en h par une vis, dont les filets peuvent être mis en prise avec les dents d'une roue K qui entraîne l'aiguille i . Ce manomètre est en relation avec un robinet de vapeur placé sur la devanture du générateur, dans la région

supérieure du corps cylindrique, mais loin du dôme qui porte la soupape en expérience. L'appareil est réglé pour que le style Σ , ainsi conduit, franchisse sensiblement une division des ordonnées de son diagramme pour $0^{\text{me}}, 100$ de variation de pression ; et le mode de prise de la barre hh' sur le pignon K permet de placer ce style sur le *zéro* des ordonnées au moment où l'expérience commence, quelle que soit la valeur absolue de la pression initiale.

D'autre part, une tige verticale guidée c est reliée par un cordon au levier de la soupape et subit par suite des mouvements rectilignes proportionnels aux levées à enregistrer. Cette tige entraîne une barre horizontale ab fixée sur elle en bras de potence ; enfin, sur une petite butée saillante fixée en un point a de cette barre, repose l'aiguille d .

Dès lors, dans le triangle rectangle ota , le côté ta a une longueur constante que l'on appellera B , et le côté ot varie au gré du mouvement de la soupape. Soient L la longueur de l'aiguille $O\Sigma'$, ω_0 son inclinaison sur l'horizontale dans la position initiale $O\Sigma'$, ω son inclinaison dans une position quelconque $O\Sigma'$, pour laquelle le style a décrit une ordonnée curviligne $\Sigma'\sigma'$ dont on désignera la longueur par y . Pour cette même position $O\Sigma'$, le côté ot , d'abord égal à $B \operatorname{tg} \omega_0$, est devenu égal à $B \operatorname{tg} \omega_0 - \mu z$, z étant la levée qu'a prise la soupape et μ un coefficient de proportionnalité constant dans une même expérience ; et l'on a

$$B \operatorname{tg} \omega_0 - \mu z = B \operatorname{tg} \omega = B \operatorname{tg} \left(\omega_0 - \frac{y}{L} \right),$$

d'où l'on tire

$$\frac{\mu z}{B} = \frac{\sin \frac{y}{L}}{\cos \omega_0 \cos \left(\omega_0 - \frac{y}{L} \right)}.$$

Telle est l'expression de la loi suivant laquelle les or-

données curvilignes du style sont fonction des levées de la soupape. Cette loi sera constante d'une expérience à l'autre, pourvu que le rapport $\frac{\mu}{B}$ soit toujours le même et que l'on assure en même temps une valeur constante à l'inclinaison initiale ω_0 .

Afin qu'il puisse en être ainsi, malgré que les nécessités de l'expérimentation ne permettent pas de donner à μ une même valeur dans tous les essais, les dispositions de l'appareil permettent de régler arbitrairement la longueur B sans affecter ω_0 . A cet effet, la butée saillante a est portée par un curseur qui peut se fixer, au moyen d'une vis de pression, en un point arbitraire de la barre ab ; et pour que le déplacement de ce curseur n'affecte pas l'inclinaison initiale de l'aiguille d , la barre ab elle-même peut être déplacée le long de la tige c et fixée sur cette tige en un point arbitraire au moyen d'une autre vis de pression.

Dans ces conditions, les ordonnées curvilignes étant dépendantes des levées suivant une loi qui demeurera la même pour toutes les expériences, on a réglé empiriquement la graduation des diagrammes de manière que le style Σ' franchisse une division des ordonnées pour un millimètre de levée de la soupape.

Conduite des essais. — Dans chaque essai, la soupape en expérience était la seule issue offerte à l'écoulement de la vapeur.

La charge de cette soupape pouvait, d'un essai à l'autre, être variée à volonté : à l'extrémité de son levier était, en effet, suspendue une tige métallique à laquelle on pouvait adapter un nombre arbitraire de rondelles de fonte. D'autre part, pour faire varier la vaporisation, on disposait de l'ouverture du registre et de l'état du feu. Dans les tableaux des résultats d'expériences, la charge de

la soupape doit être traduite par la pression initiale sous laquelle la levée a commencé, et l'allure de la vaporisation par la quantité de vapeur évacuée devant l'essai.

Chaque observation commençait autant que possible au moment où la pression, s'accumulant dans le générateur clos de toutes parts, commençait à faire lever la soupape. A ce moment, on notait la pression indiquée par le manomètre ordinaire du générateur : mesure peu précise, mais suffisante, l'élément important à observer étant la variation de cette pression. Or cette variation était donnée automatiquement durant l'essai par le style Σ , pendant que le style Σ' enregistrtrait les levées correspondantes de la soupape.

L'essai se terminait en général quand le cylindre mobile était sur le point d'avoir accompli une révolution, soit au bout de 15 à 20 minutes. A cet instant, on rabattait à la main la soupape sur son siège : en sorte que dans les diagrammes qui seront donnés ci-après, la partie de courbe qui indique, à la fin de chaque essai, une fermeture vive de la soupape, ne fait pas partie de la ligne figurative proprement dite et doit être laissée de côté, dans l'appréciation du résultat de l'essai.

L'imperfection de ce mode d'expérience a consisté surtout en ce que, malgré les soins pris, l'instant de la mise en mouvement du cylindre ne coïncidait pas aussi exactement qu'il eût été désirable avec le début précis de la levée, et qu'au même instant les styles n'étaient pas toujours sûrement sur le zéro de leurs ordonnées respectives ; de plus, le tracé se faisant sur des bandes de papier, les axes d'abscisses tracés à l'avance sur ces bandes n'ont pas toujours pu être placés tout à fait rigoureusement suivant les sections droites du cylindre. Ces diverses erreurs étaient de peu d'amplitude et l'allure des courbes obtenues conserve tout son intérêt ; mais la valeur absolue des nombres mesurant les *levées* de la

soupape et les *variations de la pression* s'en trouve sensiblement affectée; nous croyons qu'on se trompera peu en admettant que les *variations de pression* sont connues à 100 grammes près et les *levées* à deux dixièmes de millimètre près. Il ne faudrait pas attribuer aux chiffres des tableaux ci-dessous une exactitude supérieure.

Nous avons dit que l'allure moyenne de la vaporisation durant chaque essai devait avoir pour représentation numérique le poids de vapeur évacué par la soupape. On n'a pu, malheureusement, obtenir une précision satisfaisante à cet égard. D'abord, on ne disposait d'aucun moyen de distinguer l'eau entraînée de la vapeur proprement dite. Mais même la somme de ces deux évacuations n'a pu être l'objet que de mesures grossières. Deux méthodes ont été, dans la plupart des expériences, employées simultanément : l'une consistait à mesurer de combien, entre le commencement et la fin de l'essai, l'eau s'était abaissée dans le tube indicateur en verre, et à en déduire eu égard aux dimensions de la chaudière, la quantité de l'eau disparue; l'autre consistait à rétablir après la fin de l'essai la hauteur initiale de l'eau dans le tube en verre, au moyen d'un petit cheval alimentaire puisant l'eau dans une bêche de dimensions connues, et à en déduire, eu égard à l'abaissement de l'eau dans la bêche, la quantité de l'eau injectée. Ces méthodes reposaient toutes deux sur l'observation des hauteurs de l'eau dans le tube en verre, qui n'est pas susceptible d'une grande précision; et elles n'étaient même pas entièrement indépendantes l'une de l'autre, puisqu'elles avaient pour point de départ commun la constatation, au moyen de ce tube, du niveau initial du liquide. Néanmoins elles étaient distinctes dans leurs autres éléments, et susceptibles, par suite, de servir l'une à l'autre de vérification partielle.

Chacune d'elles aurait en théorie comporté, pour la

détermination du poids de fluide disparu pendant l'essai, les calculs suivants :

Dans la première méthode, on trouvait que le plan d'eau s'était abaissé d'une hauteur correspondant à un volume de h litres. Au début de l'essai, la chaudière avait contenu a litres d'eau et b litres de vapeur, sous une température où le kilogramme d'eau cubait v litres et le kilogramme de vapeur s litres. Au moment où l'on notait la dénivellation correspondant au volume h , la pression ayant varié, la température était devenue telle que les volumes spécifiques étaient $v' = v + \Delta v$ et $s' = s + \Delta s$, et la chaudière contenait $a - h$ litres d'eau et $b + h$ litres de vapeur. Le poids de fluide évacué était

$$\frac{a}{v} + \frac{b}{s} - \left(\frac{a-h}{v+\Delta v} + \frac{b+h}{s+\Delta s} \right)$$

ou

$$\frac{h + \frac{a\Delta v}{v}}{v'} - \frac{h + \frac{b\Delta s}{s}}{s'}$$

Comme s est toujours beaucoup plus grand que v , on peut, eu égard à l'imperfection avec laquelle h est mesuré, négliger le second de ces deux quotients et prendre simplement pour poids approximatif du fluide évacué

$$\frac{h + \frac{a\Delta v}{v}}{v'}.$$

Dans la seconde méthode, soit j le nombre de kilogrammes d'eau injectés pour rétablir le niveau primitif. Au moment où l'on achève cette injection, il serait inexact de penser que ces kilogrammes d'eau ont pris la température générale correspondant à la pression du générateur; on préfère admettre que le reste de l'eau est à cette température générale, mais que les j kilogrammes d'eau récemment injectés n'occupent encore que j litres. Au

début, la chaudière contenait $\frac{a}{v} + \frac{b}{s}$ kilogrammes de fluide: à la fin, une fois le niveau rétabli, elle en contient $j + \frac{a-j}{v + \Delta_1 v} + \frac{b}{s + \Delta_1 s}$; en appelant $v'_1 = v + \Delta_1 v$ et $s'_1 = s + \Delta_1 s$ les volumes spécifiques correspondant à la température de l'observation finale. Or on a pendant ce temps ajouté j kilogrammes de fluide puisé au dehors; donc il est sorti de la chaudière

$$j + \frac{a}{v} + \frac{b}{s} - \left(j + \frac{a-j}{v + \Delta_1 v} + \frac{b}{s + \Delta_1 s} \right)$$

ou

$$\frac{j + \frac{a\Delta_1 v}{v}}{v'_1} + \frac{b\Delta_1 s}{ss'_1},$$

ou enfin, par approximation, en négligeant comme dans la première méthode le dernier quotient,

$$\frac{j + \frac{a\Delta_1 v}{v}}{v'_1}.$$

Telles sont les deux formules qui ont servi aux calculs, lorsque les observations faites l'ont permis. Leur application exige, en effet, qu'on ait relevé les pressions: 1° dans la première méthode, au moment où l'on a fait la lecture de la dénivellation donnant le volume h ; 2° dans la seconde, au moment où le niveau primitif se montrait rétabli dans le tube en verre. Ces mesures n'avaient pas toujours été prises au cours des essais; en décrivant ci-après les résultats des expériences, on aura soin d'indiquer ce qu'il en a été à cet égard dans chaque cas. Malheureusement d'ailleurs, si en théorie les termes $\frac{a\Delta v}{v}$ et $\frac{a\Delta_1 v}{v}$ ne sont pas négligeables devant h et j , les mesures directes de ces deux quantités elles-mêmes étaient sus-

ceptibles de trop peu de précision pour qu'on pût espérer que les corrections relatives à ces termes conservassent une réelle importance. Le jeu des dilatations, pendant des essais aussi courts et lors des observations rapidement faites à la fin de chacun d'eux, était en effet de nature à affecter h et j de quantités comparables et peut-être supérieures à ces termes correctifs. C'est ainsi qu'ayant observé directement, la soupape étant close et l'alimentation inactive, le soulèvement de l'eau dans le tube de verre pendant que la pression du générateur CLIX passait de 4 kilogrammes $1/2$ à 5 kilogrammes, on a trouvé (probablement à cause des inégalités variables de la température aux différents points de la masse d'eau) un soulèvement un peu plus que double de celui qui eût résulté des formules, si au commencement et à la fin de cette courte observation la température eût été uniformément celle qui correspondait à la pression.

Dans ces conditions, il faut voir surtout dans les chiffres relatifs à l'évacuation de vapeur, qui seront donnés ci-après, des représentations approximatives de l'intensité moyenne de la vaporisation durant chaque essai, plutôt que des mesures propres à résoudre la question du débit de telle ou telle soupape pour un soulèvement déterminé.

Cela posé, l'on indiquera d'abord les résultats obtenus dans l'expérimentation des soupapes ordinaires.

Expériences sur les soupapes du type Montupet. — La disposition des soupapes ordinaires de la batterie est représentée par la coupe *fig. 2*, Pl. II; c'est le type de soupape construit par M. Montupet, mais dans lequel, pour plus de simplicité, l'on a remplacé par un plan *mn* la surface courbe combinée par cet ingénieur en vue de faire porter le levier dans l'axe du pointeau pour toutes les positions du clapet. Le diamètre intérieur de la soupape

est 60 millimètres; le clapet présente un recouvrement annulaire sur son siège de 0^{mm},5. Le pointeau est guidé de manière à conserver toujours une position exactement verticale.

Deux séries d'expériences ont été faites sur ce type de soupape : le 8 juin 1888, sur une soupape de la chaudière CCXXVII; le 29 mars 1889, sur une soupape de la chaudière CLIX.

Dans les deux cas, la soupape, montée sur une tubulure portée par le dôme de la chaudière, avait été coiffée, en vue de diriger le flux de vapeur vers la partie supérieure de l'atelier, par une cheminée verticale tronconique de 0^m,80 de hauteur, 0^m,21 de diamètre inférieur et 0^m,18 de diamètre supérieur.

Série I. 8 juin 1888. — La chaudière CCXXVII est caractérisée par les principaux éléments suivants :

Corps cylindrique.	{	Diamètre.	0 ^m ,80
		Longueur totale . .	6 ^m ,97
Deux bouilleurs mesurant	{	Diamètre.	0 ^m ,60
chacun.		Longueur totale . .	8 ^m ,09
Dôme vertical (environ). . .	{	Diamètre.	0 ^m ,70
		Hauteur	1 ^m ,24
Volume total de la chau-	{	Volume d'eau . . .	6 ^m ,954 (*)
dière (8 ^m 3,554).		Volume de vapeur.	1 ^m ,60
Surface de chauffe.			33 ^m ,58
Grille ordinaire formée de	{	Longueur.	1 ^m ,25
35 barreaux prismatiques.		Largeur	1 ^m ,25
		Surface.	1 ^m ,56
Rapport de la surface de chauffe à la surface de	{		21 ^m ,5
grille.			1

Chaque millimètre d'abaissement dans le tube en verre, aux environs du milieu de ce tube placé à 0^m,10 au-des-

(*) La hauteur moyenne de l'eau est à 0^m,10 au-dessus de l'axe du corps cylindrique.

sus de l'axe du corps cylindrique, correspondait à une variation du volume liquide d'environ 5¹/₃.

Le tableau suivant donne, pour chaque expérience, l'amplitude de la variation de pression observée durant l'essai, l'excès de la pression moyenne sur la pression initiale, la levée maximum et la levée moyenne du clapet. Quant aux données et calculs relatifs à la quantité de fluide évacué, c'est surtout dans cette première série d'expériences qu'ils ne doivent être considérés que comme des indications vagues : car, dans les essais de cette série, ni la durée de chaque expérience n'a été directement notée, ni le tube en verre n'a été purgé avant chaque observation, ni les pressions propres à faire connaître Δv et Δ, v n'ont été relevées, de sorte que ces variations ont dû être négligées dans le calcul.

TABLEAU I (°).

NUMÉROS	REGISTRE	PRESSION INITIALE	ACCROISSEMENT de pression		LEVÉE de la soupape		DÉNIVELLATION mesurée		POIDS ÉVACUÉ devant l'essai			DURÉE de l'essai	ÉVACUATION moyenne	
			maximum	moyen	maximum	moyenne	au tube (*)	à la bêche (°)	d'après (*)	d'après (°)	moyenne des mesures		en kilogrammes par heure	en litres de vapeur par seconde
1	O	1,400	?	?	5,0	3,36	mm.	mm.	k.	k.	k.	''	k.	l.
2	O	2,300	?	?	3,1	2,05	"	"	"	"	"	"	"	"
3	O	2,400	0,250	0,200	2,6	1,61	"	"	"	"	"	"	"	"
4	O F	3,700	0,300	0,250	1,7	1,26	"	"	"	"	"	"	"	"
5	O	3,750	0,250	0,220	1,0	0,73	15	"	73	"	73	"	18,17	210
6	F	4,750	0,400	0,270	0,4	0,13	moins	"	moins	"	moins	"	18,55	moins
7	O	4,900	0,350	0,310	2,1	1,64	47	257	227	225	226	18,31	732	62,3
8	O	6,000	0,650	0,540	1,8	1,25	48	255	231	223	227	20,15	673	47,9
9	F	6,000	0,700	0,410	0,4	0,17	5	30	24	26	25	21,46	71	5,1

Série II. 29 mars 1889. — Dans une seconde série

(°) Dans ce tableau et les suivants, l'accroissement moyen de pression et la levée moyenne, pour chaque expérience, ont été calculés en prenant la moyenne des valeurs numériques des accroissements de pression et des levées existant de minute en minute pendant la durée de l'essai.

d'essais, une soupape de même forme a été expérimentée sur la chaudière CLIX, dont les principaux éléments caractéristiques sont :

Corps cylindrique	{	Diamètre.	0 ^m ,92
		Long. totale (env.) .	7 ^m ,00
Deux bouilleurs mesurant	{	Diamètre.	0 ^m ,62
chacun.		Long. totale (env.) .	7 ^m ,00
Dôme vertical (env.)	{	Diamètre.	0 ^m ,70
		Hauteur.	0 ^m ,90
Volume total de la chau-	{	Volume d'eau. . . .	6 ^m ,360
dière (8 ^m ³ ,522).		Volume de vapeur..	2 ^m ,162
Surface de chauffe.			34 ^m ,43
Grille formée de 6 barreaux	{	Longueur.	1 ^m ,25
tournants (syst. Schmitz).		Largeur.	1 ^m ,25
		Surface	1 ^m ,56
Rapport de la surface de chauffe à la surface de	{		$\frac{22m,1}{1}$
grille.			

Chaque millimètre d'abaissement dans le tube en verre, aux environs du milieu de ce tube, correspondait à un volume d'environ 5^l,728.

La durée de chaque expérience a été notée directement; le tube en verre a été purgé avant chaque observation; enfin, lors de chacune des lectures du niveau de l'eau dans ce tube, on a observé, au moyen du manomètre de l'appareil, quelle était à peu près à ce moment la pression dans le générateur, d'où l'on a déduit les températures propres à donner approximativement les valeurs de Δv et $\Delta_1 v$.

Les résultats ont été les suivants :

TABLEAU II.

NUMÉROS	REGISTRE	PRESSION INITIALE	ACCROISSEMENT de pression		LEVÉE de la soupape		DÉNIVELLATION mesurée		POIDS ÉVACUÉ durant l'essai			DURÉE de l'essai	ÉVACUATION moyenne	
			maximum	moyen	maximum	moyenne	au tube (*)	à la bêche (**)	d'après (*)	d'après (**)	moyenne des mesures		en kilogrammes par heure	en litres de vapeur par seconde
1	O	k.	k.	k.	mm.	mm.	mm.	mm.	k.	k.	k.	" "	k.	l.
10	O	1 3/4	0,150	0,120	3,4	2,57	33	185	193	183	188	16,45	675	117,0
20	O	3 1/8	0,500	0,400	3,5	2,57	46	280	276	287	282	16,40	1.015	115,3
30	O	3 3/4	0,500	0,400	2,7	2,06	44	282	253	278	266	16,30	967	86,4
40	O	5 1/4	0,700	0,590	2,7	1,97	56	335	318	329	324	16,55	1.149	88,8
50	O	6	0,900	0,750	2,2	1,63	50	297	296	302	299	17,45	1.010	69,3
60	F	6	0,600	0,520	0,9	0,65	15	"	105	"	105	25,00	252	18,1

Remarques sur ces tableaux. — L'examen de ces tableaux donne lieu aux remarques suivantes :

1° Tout d'abord, comme remarque préliminaire, on voit qu'entre 1^k,750 et 6 kilogrammes, le débit en volume, qui naturellement varie d'une manière essentielle avec la levée de la soupape, varie relativement peu avec la pression. Les incertitudes des mesures de débit, au sujet desquelles on s'est expliqué plus haut, suffisent même quelquefois à couvrir l'influence de la pression, ainsi que le montrent les comparaisons ci-après :

NUMÉROS		LEVÉE moyenne de la soupape	DÉBIT MOYEN en volume	PRESSION initiale
du tableau	de l'essai			
II.	6	0,65	18,1	6,00
I.	5	0,73	25,5	3,75
I.	8	1,25	47,9	6,00
	4	1,26	49,1	3,70
I.	3	1,61	51,6	2,40
	7	1,64	62,3	4,90
II.	5	1,63	69,3	6,00
I.	2	2,05	76,7	2,30
II.	3	2,06	86,4	3,75
	4	1,97	88,8	5,25
II.	2	2,57	115,3	3 1/8
	1	2,57	117,0	1 3/4

Le débit en volume est donc, dans ces limites, principalement fonction de la levée, et l'on peut tracer une courbe exprimant d'une manière grossière la relation de ces deux variables. C'est ce que montre la *fig. 3*, Pl. II.

2° La surélévation de pression nécessaire pour produire une levée donnée est d'autant plus grande que la pression initiale est elle-même plus forte. Ainsi l'on trouve :

NUMÉROS		LEVÉE maximum de la soupape	ACCROISSEMENT maximum de pression	PRESSION initiale
du tableau	de l'essai			
I	4	1,7	0,300	3,7
	7	2,1	0,350	4,9
	8	1,8	0,650	6,0
II	1	3,4	0,150	1 3/4
	2	3,5	0,500	3 1/8
II	3	2,7	0,500	3 3/4
	4	2,7	0,700	5 1/4

Comme effet corrélatif, à surélévation de pression égale, la levée doit être d'autant plus faible que la pression initiale est plus forte. Effectivement, l'on trouve :

NUMÉROS		LEVÉE maximum de la soupape	ACCROISSEMENT maximum de pression	PRESSION initiale
du tableau	de l'essai			
I	3	2,6	0,250	2,40
	5	1,0	0,250	3,75
II	2	3,5	0,500	3 1/8
	3	2,7	0,500	3 3/4

3° De ces deux premières remarques, il résulte que la surélévation de pression, nécessaire pour produire un débit en volume donné, croît avec la pression initiale.

Mais il y a plus : avec la pression initiale croît même

la surélévation de pression nécessaire pour produire un débit en poids donné. En effet, l'on trouve :

NUMÉROS		DÉBIT MOYEN en poids	ACCROISSEMENT moyen de pression	PRESSION initiale
du tableau	de l'essai			
I.	5	240	0,220	3,75
II.	6	252	0,520	6,00
II.	1	675	0,120	1,75
I.	7	732	0,310	4,90
I.	8	673	0,540	6,00
II.	2	1.015	0,400	3 1/8
	5	1.010	0,750	6

Si donc on appelle sensibilité d'une soupape, la puissance d'évacuation qu'elle acquiert pour une surpression donnée, la soupape s'est montrée d'autant plus sensible qu'elle fonctionnait sous une plus basse pression. Ce résultat concorde avec un fait dont l'auteur de ces notes a été frappé : c'est l'importance des levées que prennent sans surpression appréciable, lorsqu'elles sont en parfait état, les soupapes de profil ordinaire installées par MM. Geneste et Herscher sur leurs étuves à désinfection (récipients de vapeur timbrés à 1 kilogramme).

Les expériences faites ne permettent pas d'analyser en détail les causes de cette diminution de la sensibilité de la soupape à mesure que la pression initiale est plus forte. Il paraît toutefois permis d'en signaler deux. D'une part, pour une levée donnée, la pression sous le clapet, qui est intermédiaire entre la pression statique de l'intérieur du générateur et la pression extérieure de l'atmosphère, diffère d'autant plus de la pression intérieure du générateur que celle-ci est plus élevée : la diminution de pression sous le clapet, qui est le résultat de l'écoulement du fluide et qui limite la levée de la soupape, se fait donc sentir davantage aux fortes pressions. D'autre

part, le frottement du levier de soupape dans son articulation est d'autant plus grand que ce levier est plus chargé à son extrémité libre.

Allure des courbes. — Les *fig. 4 à 7*, Pl. II, et 1 à 11, Pl. III, représentent les courbes obtenues. En général, à partir du moment où la soupape commence à se soulever, il y a une première période de deux ou trois secondes pendant laquelle le soulèvement demeure très faible (le plus ordinairement compris entre $1/10$ et $3/10$ de millimètre); puis la soupape se décide à s'élever d'un mouvement plus rapide, par une progression irrégulière, qui prend fin de la cinquième à la huitième seconde environ; enfin, à partir de ce moment, le soulèvement n'éprouve plus que des variations lentes, ayant probablement pour cause principale les irrégularités de la vaporisation. Dans cette période voisine du régime, ou bien la soupape continue cependant de s'élever peu à peu (il est des expériences où il a été mis fin à l'essai avant que cette croissance eût cessé), ou bien la levée passe par un maximum.

Si l'on convient ici d'appeler efficace une soupape qui sous l'influence de son libre jeu arrive à débiter tout ce que la chaudière vaporise, on est certain que la soupape a été efficace au moins dans les essais au cours desquels la levée a passé par un maximum. Ce sont les essais n^{os} 4, 5, 6 et 8 du tableau I, et 1, 2, 4, 5 et 6 du tableau II. Au cours de ces neuf essais, la plus forte surpression observée a été 0^{kg},900, correspondant à une expérience pendant laquelle le fluide a été débité sur le pied moyen de 1.010 kilogrammes à l'heure; la pression initiale avait été égale à 6 kilogrammes, c'est-à-dire la plus forte, et par conséquent la plus susceptible d'exiger une forte surpression parmi les pressions expérimentées. Le débit moyen le plus fort, 1.149 kilogrammes à l'heure, a été réalisé dans un essai au cours duquel la surpres-

sion n'a atteint que 0^{kg},700, grâce à ce que la pression initiale était seulement de 5^{kg},25.

Il est intéressant de noter que ces deux expériences, appartenant toutes deux à la deuxième série, ont été faites sur une chaudière de 34^{m²},43 de surface de chauffe, avec une soupape dont le diamètre était égal à 0^m,06, c'est-à-dire exactement conforme à l'ancienne formule de l'ordonnance du 22 mai 1843, eu égard à cette surface de chauffe et pour le timbre de 6 kilogrammes effectifs.

D'autre part, ces évacuations, 1.010 et 1.149 kilogrammes, ont assurément correspondu à une allure vive de la marche du générateur, car si ces nombres se rapportaient à de la vapeur sèche, ce seraient des vaporisations de 29 et 33 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

On peut donc dire que la soupape sur laquelle ont porté les expériences, soupape de construction soignée et en bon état d'entretien, conforme comme diamètre à la formule de 1843 pour la pression de 6 kilogrammes, exige à partir de cette pression une surpression d'environ 0^{kg},900 pour évacuer par son libre jeu la vapeur produite par le générateur marchant à allure vive. Réglée pour des pressions inférieures, elle se contenterait d'une moindre surpression pour acquérir le soulèvement utile, bien que ce soulèvement dût être plus grand. Au contraire, réglée pour des pressions supérieures à 6 kilogrammes, il faut prévoir que cette même soupape ne donnerait l'évacuation nécessaire qu'au prix d'une surpression plus considérable.

Pour que la surpression ne dépassât pas 0^{kg},900, valeur déjà grande, il faudrait donc prendre pour les timbres de plus de 6 kilogrammes des diamètres supérieurs à 0^m,06. A plus forte raison, ne pourrait-on pas suivre la formule de 1843, qui donne au contraire, à sur-

face de chauffe égale, un diamètre d'autant plus petit que le timbre est plus élevé.

Telles sont les principales notions ressortant des expériences ci-dessus. Elles sont de nature à fixer l'esprit sur le degré d'intérêt qui s'attache à la recherche de soupapes perfectionnées, donnant pour une minime surpression une plus ample ouverture eu égard à leur diamètre, spécialement aux pressions élevées.

Exemple de diverses solutions proposées. — Ce problème a sollicité depuis longtemps la sagacité des inventeurs. M. Dulac a recueilli une collection de documents curieux à ce point de vue : c'est une série de 38 *specifications* pour brevets, déposées au *Patent Office* d'Angleterre de 1854 à 1885. Sur ces 38 inventions ou soi-disant inventions (car plusieurs sont la répétition les unes des autres, et l'on n'entend entrer ici dans l'examen de l'originalité d'aucune d'elles), 30 présentent, explicitement ou implicitement, des dispositifs de nature à augmenter le débit pour une surpression donnée.

Ces trente dispositifs peuvent se ranger en quatre groupes :

1° Douze d'entre eux, parmi lesquels celui du brevet *Hawthorn* qui remonte à 1854, consistent en des soupapes à sièges doubles ou multiples, qui offrent, pour une levée donnée, un grand développement d'ouverture, et qui présentent en même temps le caractère de soupapes différentielles, partiellement équilibrées par la vapeur, celle-ci n'ayant d'action effective pour produire le soulèvement que sur une aire annulaire ou sur la différence de deux aires inégales. En principe, on a ainsi des soupapes offrant une évacuation large en proportion de leur diamètre et plus encore en proportion du poids qui les charge; mais la difficulté de tenir étanche un même clapet sur plusieurs sièges, inhérente à ce système, apparaît dans la plupart

des dispositifs décrits comme une complète impossibilité si l'on tient compte du jeu des dilatations.

2° Six de ces inventions comportent l'emploi d'une petite soupape auxiliaire, dont le soulèvement, dès qu'il se produit, a ou doit avoir pour effet de soulever en grand ou de décharger une soupape d'un diamètre supérieur. Dans la majorité des cas, la grande soupape est maintenue appliquée sur son siège, lorsque la petite est fermée, par la pression même de la vapeur.

3° Deux autres systèmes, applicables seulement aux soupapes à ressort, mettent à profit des liaisons mécaniques qui diminuent l'action du ressort ou restreignent simplement son accroissement à mesure que la soupape se lève.

4° Enfin, dix de ces inventions utilisent, pour contribuer à soulever le clapet, la vapeur même qui s'échappe, en la faisant agir soit sur un appendice de ce clapet, soit sur un appendice du siège et par réaction sur le clapet lui-même.

On peut disposer et profiler ces appendices de façons très diverses, en utilisant principalement soit la pression de la vapeur, soit l'impulsion de sa force vive, soit son frottement; par là sont réalisées des compensations plus ou moins énergiques, plus ou moins pondérées.

C'est l'application de ce principe qui donne les *soupapes à gorge*, ainsi appelées à cause de l'espace annulaire où s'exerce l'action supplémentaire de la vapeur : type auquel se rattachent notamment les appareils décrits ou figurés dans les *spécifications* de *Th. Giles* 1872, *Cockburn* 1873, *Hallam* 1873, *Adams* 1873, *Rockford* 1875 (*), et avec une netteté toute particulière dans la seconde *spécification Adams* 1878.

(*) Dans cette *spécification* la soupape figurée est nettement à gorge, mais le texte est muet sur ce point et exclusivement relatif au mode de chargement par ressort direct.

Autres soupapes à gorge. — Il a été créé un grand nombre de soupapes à gorge. Le type *Richardson*, où le profil de la gorge portée par la soupape est variable au moyen d'un anneau extérieur fileté, paraît très usité en Amérique; il faut encore y citer le type *Aschcroft*. On trouvera dans un ouvrage de M. G. Richard (*La locomotive et son outillage*, p. 274 et suiv.), l'indication et le croquis d'un certain nombre de soupapes procédant du même principe, notamment des soupapes *Hartmann*, *Attock*, *Pason*, *Codron*, etc.

Soupape Adams. — Dans cette énumération, la soupape Adams mérite une place à part. Elle a reçu en France d'importantes applications. On sait qu'elle se trouve décrite, et que le caractère de son fonctionnement est mis en lumière avec une entière netteté, dans le mémoire que M. Vicaire lui a consacré au tome XIX de la 7^e série des *Annales des mines* (*).

Soupape Lethuillier et Pinel. — Dans les appareils qui viennent d'être mentionnés, l'action de la vapeur sur la zone additionnelle commence dès qu'il y a de la vapeur s'échappant, c'est-à-dire aussitôt que la soupape se lève, et elle correspond à une augmentation de la surface du clapet qui ne disparaît que lorsque la fermeture est complète; d'où tendance à de la brusquerie dans la levée et à un retard dans la fermeture. Ce retard, favorisé par les résistances passives, peut en certains cas être considérable. MM. Lethuillier et Pinel disposent la surface sur laquelle l'impulsion doit s'exercer, au-dessus du clapet B, en *b* (P. IV, *fig.* 1); la vapeur qui s'écoule est réfléchiée sur cette surface *b* par la gorge *c* que présente le siège de la soupape; mais elle ne l'est, d'une manière

(*) Pages 92 et suiv.

efficace, que lorsque la levée du clapet n'est pas inférieure à une certaine limite. Dès lors, l'allure du fonctionnement de cette soupape est la suivante, d'après des observations faites sur un générateur à bouilleurs de $34^{\text{m}^2},50$ de surface de chauffe, $1^{\text{m}^2},50$ de surface de grille, dont la vapeur avait pour unique issue une soupape Lethuillier et Pinel de 36 millimètres de diamètre. A partir du moment où la pression atteignait la valeur de $7^{\text{kg}},500$ environ pour laquelle la soupape était chargée, elle commençait à se lever progressivement de quelques dixièmes de millimètre; puis l'action de la vapeur réfléchie sur la surface *b* se faisait sentir avec une force prépondérante et la soupape s'enlevait vivement jusqu'à une levée de 7 millimètres à $7^{\text{mm}},3$. Elle se fixait quelques instants dans cette position; mais, comme avec cette levée le débit excédait la vaporisation de la chaudière, elle ne tardait pas à retomber, d'un mouvement un peu graduel au début, vif à la fin.

La période progressive du début de la levée recommençait soit aussitôt après, soit au bout d'un certain intervalle, et était elle-même plus ou moins courte ou allongée, suivant l'allure du feu; de sorte que les périodes vives du jeu de l'appareil constituaient une série de *bouffées*, durant chacune moins d'une minute, et plus ou moins rapprochées suivant que la vaporisation était plus ou moins active.

La pression dans la chaudière subissait au cours de ce jeu périodique une suite d'oscillations dont l'amplitude était environ de $0^{\text{kg}},350$ à $0^{\text{kg}},550$ dans les conditions où les observations avaient lieu.

Il est bon de noter que cette amplitude, lorsque sa valeur est aussi faible, est fonction non seulement de la perfection théorique de l'appareil, mais des frottements variables avec son état d'entretien, son âge, etc.; de sorte que ces chiffres d'écart n'ont pas la valeur d'une

caractéristique précise. Mais ils sont, en tous cas, l'indication générale d'une régulation de pression très satisfaisante.

Soupape Dulac. — M. Dulac s'est proposé de donner à l'action supplémentaire de la vapeur d'écoulement, non pas seulement un développement sans brusquerie, mais un véritable réglage ; de telle sorte que non seulement cette action partit de zéro et y revint par degrés, lors de l'ouverture et de la fermeture, mais qu'elle eût à tout instant, sans la dépasser, la valeur nécessaire pour compenser la diminution de pression due à l'écoulement. De la sorte, au lieu de s'ouvrir chaque fois en grand, comme dans l'appareil Lethuillier et Pinel, et d'agir par bouffées larges et intermittentes, la soupape serait levée à chaque instant de la quantité nécessaire à l'écoulement qui lui est demandé, et opérerait ainsi par une évacuation pondérée une régulation continue.

A cet effet, au lieu de disposer une surface supplémentaire d'action au-dessus du clapet proprement dit sous forme d'un organe distinct, comme dans la soupape Lethuillier et Pinel, M. Dulac revient à faire de cette surface supplémentaire un simple prolongement extérieur du clapet, comme dans les soupapes Adams, Richardson et autres ; seulement au lieu de la creuser en gouttière, il lui donne un profil adouci ; il en fait, par exemple, un tronc de cône contre lequel la vapeur d'échappement agit, partie par pression, partie par frottement, peu ou point par choc.

Ce tronc de cône peut être plus ou moins ouvert, plus ou moins haut ; le siège de la soupape peut lui-même être prolongé, autour de la base de ce cône, par une gorge plus ou moins propre à rabattre le jet de vapeur sur sa surface ; la variation de ces divers éléments a été

mise à profit par M. Dulac, dans de longues et patientes recherches expérimentales, en vue d'arriver à déterminer le profil le plus avantageux.

La *fig. 2*, Pl. IV, montre les dispositions qu'en dernier lieu M. Dulac pense devoir donner à son appareil, pour l'application à un générateur à bouilleurs. Le dessin représente une soupape de 0^m,46 de diamètre. Le clapet, en bronze, porte inférieurement de longues ailettes qui reportent vers le bas son centre de gravité, tandis que le tronc de cône qui le surmonte a été rendu aussi léger que possible ; il est constitué, à cet effet, d'une feuille mince et résistante en acier nickelé. Grâce à ces artifices de construction, le centre de gravité se trouve placé plus bas que le point de contact du pointeau, et cependant ce point de contact est lui-même placé au-dessous du plan de la portée annulaire et, par conséquent, au-dessous de la surface d'action offerte à la vapeur.

Les conditions favorables à la verticalité de l'axe du clapet pendant toutes les phases du jeu se trouvent ainsi conciliées (*).

La gorge fixe qui prolonge le siège constitue une sorte de gobelet de bronze à flancs courbes, venu de fonte avec le siège et rectifié sur le tour. Un espace annulaire, de largeur sensiblement constante pour tous les diamètres, règne entre la circonférence supérieure de ce gobelet et la paroi du tronc de cône.

(*) Le pointeau repose sur un grain d'acier fixé au fond de l'orifice cylindrique qui pénètre le corps du clapet. Vers sa base, ce pointeau est pourvu d'une goupille qui s'engage, avec un certain jeu, dans des encoches ménagées à la partie supérieure du clapet : de manière qu'en faisant tourner le pointeau, on entraîne le clapet dans le mouvement de rotation. Cette disposition a pour but de faciliter le rodage de la soupape : il suffit pour la faire tourner d'agir sur le pointeau, au moyen d'une broche que l'on engage en guise de levier dans des trous ménagés à cet effet à la partie supérieure de sa tige.

Sur le pointeau repose un levier, chargé d'un poids selon la manière ordinaire à son extrémité libre. A l'autre extrémité, l'oscillation du levier se fait non sur goupille, mais sur couteau, afin de réduire les frottements au minimum.

Pour prévenir le danger que l'on peut redouter de ce mode d'articulation, c'est-à-dire pour empêcher que le levier puisse se séparer de la colonne d'appui au cas où le couteau viendrait accidentellement à quitter son encoche, les dispositions suivantes ont été adoptées. Le levier est à son extrémité d'attache percé d'un grand orifice cylindrique dont la génératrice inférieure porte le couteau, fait en acier. Les deux flasques du support, qui embrassent cette extrémité du levier, portent elles-mêmes deux orifices circulaires placés en regard, mais d'un diamètre un peu inférieur. Un cylindre en acier, portant à sa partie inférieure une entaille triangulaire, s'ajuste dans les orifices des flasques en passant avec jeu au travers de l'orifice du levier; et c'est contre l'entaille de ce cylindre que le couteau d'acier porté par le levier vient appuyer son arête vive (*).

Enfin, l'on a figuré sur le dessin un petit amortisseur à air formé de deux cloches en bronze s'emboîtant et glissant l'une dans l'autre à frottement très doux; la cloche inférieure est fixe, la cloche supérieure est rendue solidaire du levier à l'aide d'une petite bielle de suspension. Ce petit appareil additionnel peut être ajouté à l'installation si l'on tient à amortir l'impulsion vive qui tend à se produire au début de la levée de la soupape, ainsi qu'il sera dit plus bas.

(*) Le levier n'est point guidé en dehors de cette articulation; son jeu est suffisamment assuré sans guidage, et la suppression de la fourche-guide ôte aux chauffeurs le moyen de calage le plus fréquent.

Expériences sur les soupapes Dulac. — Des expériences ont été faites sur la chaudière CLIX de la Compagnie parisienne du Gaz, au moyen de trois soupapes Dulac, dont les diamètres étaient respectivement 0^m,0385, 0^m,0360 et 0^m,0335, et dont les profils sont représentés par les *fig.* 3 à 5, Pl. IV. Celle de 0^m,036 seule était proportionnée de la même manière que la soupape de 0^m,046 qui vient d'être décrite ; les autres étaient différentes par les dimensions relatives de leurs parties, ainsi que les dessins le montrent. Toutes trois étaient d'ailleurs constituées conformément à la description qui vient d'être faite, à cela près que les ailettes n'étant pas autant prolongées vers le bas ni aussi lourdes, on avait dû, pour reporter en un point convenable le centre de gravité des clapets, adapter à leur partie inférieure des masselottes en plomb. De plus, l'amortisseur à air n'existait pas dans ces expériences.

L'installation était semblable à celle qui a été décrite à propos de la soupape Montupet ; toutefois, l'appareil en expérience n'était pas surmonté de la cheminée tronconique et déversait directement sa vapeur dans l'atmosphère de l'atelier. Le mode d'observation a été le même que pour les essais déjà décrits.

Série A. 26 mars 1889. — Dans cette première série d'expériences, effectuées avec la soupape de 38^{mm},5, les variations Δv et $\Delta_1 v$ n'ont pas été mesurées, de sorte que ces variations ont dû être négligées dans le calcul des débits.

TABLEAU A (SOUPAPE DE 38 1/2).

NUMÉROS	REGISTRE	PRESSION INITIALE	ACCROISSEMENT de pression		LEVÉE de la soupape		DÉNIVELLATION mesurée		POIDS ÉVACUÉ devant l'essai			DURÉE de l'essai	ÉVACUATION moyenne	
			maximum	moyen	maximum	moyenne	au tube (*)	à la bêche (**)	d'après (*)	d'après (**)	moyenne des mesures		en kilogrammes par heure	en litres de vapeur par seconde
1	0	k. 1 3/4	k. 0,400	0,330	mm. 9,7	mm. 6,31	mm. 27	mm. 190	k. 145	k. 171	k. 158	m. 15	k. 632	l. 103,1
2	0	3 1/4	0,360	0,240	9,7	7,26	65	390	348	350	349	17	1.232	141,7
3	0	4	0,300	0,170	9,7	5,60	49	300	257	264	261	17	921	92,3
4	0	5	0,300	0,090	vers 10	3,89	40	220	208	192	200	16	750	64,8

Série B. 28 mars 1889. — Dans chacune des expériences de cette série, effectuées avec la soupape de 0^m,36, la pression a été notée au moment où le mouvement du cylindre enregistreur a été arrêté, mais non pas aux instants précis où ont été faites, un peu après, les lectures du tube de niveau; on a néanmoins calculé, d'après l'excès de la pression finale ainsi observée sur la pression initiale, une valeur commune pour Δv et Δp , valeur inférieure aux valeurs qui auraient dû être trouvées, de sorte que la correction relative aux variations de pression n'a été que partielle.

TABLEAU B (SOUPAPE DE 36).

NUMÉROS	REGISTRE	PRESSION INITIALE	ACCROISSEMENT de pression		LEVÉE de la soupape		DÉNIVELLATION mesurée		POIDS ÉVACUÉ devant l'essai			DURÉE de l'essai	ÉVACUATION moyenne	
			maximum	moyen	maximum	moyenne	au tube (**)	à la bêche (*)	d'après (*)	d'après (**)	moyenne des mesures		en kilogrammes par heure	en litres de vapeur par seconde
1	0	k. 3 1/4	k. 0,200	0,130	mm. 7,0	mm. 6,18	mm. 55	mm. 335	k. 310	k. 317	k. 313	?	k. 1.105	l. 129,8
2	0	4	0,400	0,340	4,7	3,40	40	240	222	224	223	?	787	76,3
3	0	5	0,500	0,310	6,6	3,90	50	275	272	252	262	17	925	77,5
4	0	6	0,500	0,250	9,6	3,89	57	320	307	302	305	16,55	1.082	78,0
5	0	6 1/2	?	?	?	?	55	?	296	"	296	17	1.045	74,4

Dans les deux premières expériences, la durée de l'essai n'a pas été convenablement notée, de sorte qu'il y a de ce chef une cause spéciale d'incertitude sur les quantités de fluide évacuées. Dans la dernière, le tableau ne fait pas mention des accroissements de pression, parce que le style des pressions paraît avoir été dérangé au cours de l'essai.

Série C. 28 mars 1889. — Dans cette série, toutes les mesures ont été prises de la même manière que dans la 2^e série d'essais sur la soupape Montupet :

TABLEAU C (SOUPAPE DE 33 1/2).

NUMÉROS	REGISTRE	PRESSION INITIALE	ACCROISSEMENT de pression		LEVÉE de la soupape		DÉNIVELLATION mesurée		POIDS ÉVACUÉ devant l'essai			DURÉE de l'essai	ÉVACUATION moyenne	
			maximum	moyen	maximum	moyenne	au tube (*)	à la bêche (**)	d'avant (*)	d'après (")	moyenne des mesures		en kilogrammes par heure	en litres de vapeur par seconde
1	O	41/8	0,300	0,240	7,6	5,61	48	320(1)	268	275	272	16,55	965	93,5
2	O	5	0,400	?	7,6	?	46	250(2)	265	261	263	17,50	885	77,7
3	O	6	0,400	?	7,5	?	47	270	258	253	256	17,35	874	66,3
4	F	6	0,300	?	7,8	?	19	35	112	44	78	18	260	19,7

(1) Nombre probablement trop fort.

(2) Nombre probablement un peu faible.

Pour les trois dernières expériences, les moyennes d'accroissement de pression et de levée n'ont pas été calculées, parce que l'irrégularité des courbes obtenues rendait ces moyennes trop incertaines.

Remarques sur ces tableaux. — Pour les soupapes Dulac comme pour la soupape ordinaire, le débit en volume paraît être principalement fonction de la levée plutôt que de la pression, autant qu'on en peut juger sur un aussi petit nombre d'essais. C'est ainsi que l'on trouve :

NUMÉROS		LEVÉE moyenne de la soupape	DÉBIT MOYEN en volume	PRESSION initiale
du tableau	de l'essai			
A.	3	5,60	92,3	4
	1	6,31	103,1	1 3/4
B.	2	3,40	76,3	4
	3	3,90	77,5	5
	4	3,89	78,0	6

Mais on ne voit plus s'accuser les autres phénomènes qui avaient été constatés sur les tableaux I et II. Si l'on excepte la première expérience du tableau B, l'accroissement maximum de pression dans les divers essais d'une même série varie peu, quelles que soient les variations de la pression initiale et du débit. La plus grande valeur de cet accroissement de pression a été 0^{kg},590; elle s'est rencontrée dans deux essais au cours desquels le clapet de 0^m,036 avait donné les importants débits moyens de 925 et 1.082 kilogrammes, à partir des pressions initiales de 5 et 6 kilogrammes. Le plus grand débit moyen, 1232 kilogrammes, ne s'est accompagné que d'une surpression de 0^{kg},300, avec le clapet de 38^{mm},5 et la pression initiale de 3^{kg},250. Il faut noter que ces débits, 925, 1.082 et 1.232 kilogrammes, correspondraient, si la vapeur évacuée était sèche, à des vaporisations de 27, 31 et 35 kilogrammes par mètre carré de surface de chauffe et par heure.

Allure des courbes. — On peut dire, en un certain sens, que le but visé par M. Dulac est de constituer une soupape dont le fonctionnement soit intermédiaire entre celui de la soupape ordinaire, qui n'obéit à l'accroissement de pression qu'avec une paresse croissante, et celui de la soupape Lethuillier-Pinel, où les causes retardatrices du soulèvement sont plus que compensées et où

par suite la régulation, très efficace d'ailleurs, est le résultat d'une succession de bouffées individuellement surabondantes. Or, il est à noter que le premier des essais ci-dessus (A n° 1), fait avec la soupape Dulac de 38^{mm},5 à partir de la pression initiale de 3^{kg},250, rappelle un peu par la courbe des levées obtenues le jeu d'une soupape ordinaire, non point en ce qui concerne l'importance absolue de la levée, qui a été de près de 0^m,010 sans que la surpression dépassât 0^{kg},400, mais en ce qui concerne l'allure de cette courbe, qui s'élève par une progression irrégulière, durant environ 8 minutes, jusqu'à l'ordonnée maximum pour laquelle un régime paraît à peu près réalisé (V. *fig.* 6, Pl. IV).

Au contraire, le dernier des essais (C n° 4), fait avec la soupape Dulac de 33^{mm},5, à partir de la pression de 6 kilogrammes et en ralentissant l'activité du foyer, donne une courbe qui se rapproche d'une manière frappante du diagramme d'une soupape Lethuillier-Pinel, ainsi que le montre la *fig.* 4, Pl. VI.

Dans les conditions intermédiaires, les expériences n° 2 de la série A, 1 et 2 de la série B, 1 et 2 de la série C, sont celles qui donnent, comme les *fig.* 6 à 8 de la Pl. IV, 1 à 6 de la Pl. V et 1 à 4 de la Pl. VI le font voir, les courbes les plus satisfaisantes au point de vue du problème que M. Dulac s'est posé. On remarquera notamment la prompte et ample levée de la courbe A n° 2, la régularité d'allure de la courbe B n° 2, et les festons délicats des courbes C n° 1 et C n° 2, qui dénotent évidemment une sensibilité poussée au maximum.

Si l'on passe aux courbes n° 3 et 4 de la série A; 3, 4 et 5 de la série B, on voit apparaître déjà une certaine exagération de l'action compensatrice qui conduit à des saillies de l'ordonnée au-dessus de la valeur qui correspondrait au régime. La soupape donne, dans chacun de ces essais, une bouffée surabondante. Ce qui en distingue

l'allure de celle d'une soupape Lethuillier-Pinel, c'est que cette bouffée est unique : la soupape ne se referme pas ensuite, elle s'abaisse seulement de l'excès de sa levée, et elle se fixe dans une position de régime. C'est pour atténuer cette bouffée initiale que M. Dulac propose d'adapter aux leviers de ses soupapes le petit amortisseur à air dont il a été parlé dans la description de l'appareil.

Enfin l'expérience n° 3 de la série C représente une étape particulière dans la série de ces allures. On n'est pas encore franchement arrivé au jeu par bouffées successives que donnera l'essai C n° 4, mais on s'en approche, et à la suite de la bouffée initiale, après des périodes de régime où le style avait dessiné de fines dentelures, comme la production du générateur s'était ralentie, l'on voit apparaître tout à coup vers la fin de l'essai une nouvelle bouffée surabondante, dont le tracé est entièrement analogue à celles qui se produiront dans l'essai suivant.

Ces expériences sont loin d'être suffisamment nombreuses et complètes : nous n'avons en effet ci-dessus que cette expérience C n° 4, où la production ait été fortement ralentie. Or il eût été très intéressant de rechercher, aux différentes pressions, quelle allure de jeu donnait la soupape Dulac lorsqu'une petite évacuation seulement lui est demandée. Telles qu'ils sont, cependant, ces essais sont de nature à donner une idée du problème dont la solution a été recherchée par M. Dulac et de la manière dont son appareil est susceptible d'y répondre.

Cas où la compensation doit être plus énergique. —

Dans le cas ci-dessus examiné d'une soupape à poids, déversant sa vapeur à l'air libre et installée sur un générateur à bouilleurs, il n'y a à compenser, lors de la levée de la soupape, que la diminution de pression sous le clapet due à l'écoulement de la vapeur.

Parfois il y a plus. Si l'échappement se fait, non à l'air

libre, mais dans une boîte avec tuyau de dégagement latéral, il y a à compenser en outre la contre-pression dans la boîte. Si la soupape est chargée, non par un poids, mais par un ressort, il y a à compenser l'augmentation de charge produite, à mesure que la soupape se lève, par la tension croissante du ressort. Enfin un surcroît de compensation peut être encore nécessaire, lorsque la vapeur, entre l'intérieur proprement dit du générateur et la base de la soupape, passe par une section étranglée. C'est le cas, par exemple, des générateurs Belleville, où la vapeur ne sort de l'épurateur supérieur que par d'étroits orifices, donnant lieu à une perte de charge d'autant plus grande que l'écoulement est plus rapide.

Dans ces différents cas, M. Dulac propose d'obtenir le surcroît de compensation nécessaire par des modifications du profil, soit de la gorge fixe, soit de la soupape, soit de l'une et de l'autre, en vue d'augmenter l'énergie de l'action de la vapeur qui s'échappe. On va pour terminer cette étude, donner un exemple de ce genre de solution.

Expériences de l'usine élévatoire d'Auteuil (1^{er} juillet 1887). — Dès 1887, une soupape Dulac destinée à fonctionner sur un générateur Belleville, avec dégagement de la vapeur dans une boîte pourvue d'un tuyau latéral, a été expérimentée à l'usine d'Auteuil du service municipal des Eaux. Le clapet, simplement constitué tout entier en bronze, avait le profil et les dimensions indiqués par la *fig. 5*, Pl. VI; l'appareil était monté sur une chaudière Belleville de 65 mètres carrés de surface de chauffe, 2^m,60 de surface de grille, 0^m,91 de surface libre de grille, et où les orifices étranglés par lesquels la vapeur sortait de l'épurateur supérieur, offraient une section totale de 6 centimètres carrés.

L'observation n'a pu être faite avec les mêmes garanties de précision que lors des expériences ultérieures de l'usine

des Goudrons, parce qu'on ne disposait pas d'appareil enregistreur. Les levées du clapet s'observaient sur un cadran où se mouvait une aiguille reliée au levier de soupape; les pressions étaient mesurées par trois manomètres qui prenaient respectivement la vapeur : 1° dans la chaudière; 2° sous la soupape, et par conséquent à la suite de l'étranglement dû au passage par le diaphragme, au moyen d'un ajutage tourné vers le bas; 3° dans la même région, au moyen d'un ajutage tourné vers le haut. Plusieurs opérateurs notaient le moins inexactement possible, à intervalles de temps réguliers, la levée de la soupape d'une part, et d'autre part les indications des manomètres.

C'est ainsi qu'ont pu être dressées les courbes des *fig. 6 à 9*, Pl. VI. La pression sous le clapet n'est souvent marquée que par un seul trait, parce que les pressions prises sous le clapet au moyen des ajutages tournés respectivement vers le haut et vers le bas étaient généralement concordantes; lorsqu'il n'en a pas été ainsi on distingue deux traits voisins : le trait inférieur se rapporte alors au premier de ces ajutages, le trait supérieur au second.

L'allure des courbes obtenues est satisfaisante, et la régulation de pression réalisée dans la chaudière est d'autant plus intéressante, que la chute de pression sous le clapet, par rapport à la tension statique de l'intérieur du générateur, est parfois considérable : elle atteint 1^k,500 dans la première et la quatrième expériences (*fig. 6 et 9*), tandis que l'amplitude des variations de la tension statique ne dépasse guère 600 grammes.

Ces essais permettent en outre d'apprécier directement le jeu de l'appareil à un point de vue particulièrement important pour la pratique : c'est celui de l'écart entre les pressions d'ouverture et de fermeture de la soupape. Comme il a été dit plus haut, l'on reproche

avec raison à certaines soupapes à grande levée, de ne retomber sur leur siège que lorsque la pression intérieure du générateur est tombée notablement au-dessous de la valeur pour laquelle la soupape est réglée et qui en détermine le soulèvement initial. Or, dans chacun des essais effectués sur la chaudière Belleville de l'usine d'Auteuil, on a ralenti à la fin de l'essai l'activité de la vaporisation, par la fermeture des portes de cendrier, de manière que la soupape vint retomber d'elle-même sur son siège.

Les *fig. 7* et *9*, Pl. VI, montrent qu'avec la soupape expérimentée, la pression statique n'avait à s'abaisser dans le générateur, pour que cette fermeture se réalisât, que de 200 à 300 grammes environ au-dessous de la tension qui avait commencé à faire lever le clapet.

NOTE
SUR
LA FABRICATION ET LES PROPRIÉTÉS
DES
CIMENTS DE LAITIER

Par M. A. PROST, ingénieur des mines.

Introduction. — Ce travail a pour objet l'étude de l'utilisation des laitiers de hauts fourneaux à la fabrication de ciments pouzzolanes. Je m'occuperai tout d'abord des qualités nécessaires aux laitiers pour être propres à cet usage, en empruntant aux mémoires (*) de M. Tetmajer, professeur au Polytechnicum de Zürich, de nombreux renseignements. J'y joindrai également les résultats d'expériences personnelles, entreprises sous la bienveillante direction de M. Le Chatelier, dans son laboratoire à l'École des mines. Si elles ont donné quelques résultats, j'ai le devoir de reconnaître qu'ils sont dus en entier à ses conseils éclairés, et je lui en témoigne ici ma plus vive reconnaissance. J'indiquerai en second lieu les installations mécaniques et appareils employés pour la fabrication du ciment de laitier; j'ai pu un peu m'en rendre compte dans les usines de MM. Henry, Gonod

(*) Parus dans la *Deutsche Töpfer und Ziegler Zeitung* de 1887. Voir également un article de M. Grosclaude, *Génie civil*, t. XII, n° 25, p. 389.

et Girardot, à Donjeux (Haute-Marne), de M. de Rolle, à Choindez près de Délémont dans le Jura bernois. Les propriétés de ce ciment feront l'objet d'une troisième partie.

L'utilisation des laitiers de hauts fourneaux est pour les usines à fonte un problème du plus haut intérêt. Les hauts fourneaux leur fournissent cette matière encombrante en quantité au moins égale en poids à celle de la fonte, par suite avec un volume triple à cause de la différence des poids spécifiques, et leur imposent, pour l'installation des crassiers, l'achat d'immenses terrains souvent coûteux, et quelquefois impossibles à trouver dans le voisinage de l'usine. Aussi, les plus nombreuses tentatives ont été faites pour se débarrasser des laitiers, ou mieux encore les transformer en un produit marchand avantageux. Je vais rappeler brièvement celles qui ont eu quelques applications industrielles.

Les laitiers d'affinage, coulés en pains aussi volumineux que possible, ou même en sable, pour en retarder encore davantage le refroidissement et en diminuer la fragilité, sont employés quelquefois comme pierres pour la construction des remblais, des jetées et des digues, ou sont débités en pavés, ou concassés pour ballast. Les laitiers calcaires, sujets à fuser à l'air, ne conviennent pas à ces usages.

Le sable provenant de la granulation dans l'eau des laitiers acides, est un produit d'excellente qualité pour le sablage des allées, des halles métallurgiques, propre également à remplacer le sable ordinaire dans la confection des mortiers.

Comme revêtement des conduites d'eau chaude, de vapeur, d'air chaud, des glaciers, comme terrage des planchers, la laine minérale (*), obtenue en pulvérisant

(*) M. Wood, *Iron and Steel Institute*, 1877, t. II, p. 443. — Henrivaux, *Le Verre*, p. 444.

un jet de laitier par un jet de vapeur transversal, a été quelque temps très en faveur. Elle est très propre à ces usages en raison de son inconductibilité et de son incombustibilité; mais, à cause du soufre que contiennent en général les laitiers, des dégagements d'acide sulfhydrique désagréables dans les appartements, corrosifs pour les surfaces métalliques, sont un des inconvénients de ce produit et l'ont fait abandonner assez complètement aujourd'hui.

Les laitiers basiques, granulés, sont employés depuis longtemps à la fabrication des briques. Le sable de laitier (broyé s'il on se propose d'en faire disparaître le grain pour obtenir des briques plus fines), est mélangé avec environ un tiers de son volume de chaux éteinte en poudre, malaxé, humecté et moulé en briques à une pression de 150 à 200 kilogrammes par centimètre carré. Au bout d'un mois on obtient des briques régulières de forme, résistant bien à la gelée, de propriétés hydrauliques remarquables, qu'on emploie de plus en plus pour les cloisons, les encadrements, les clôtures, les murs extérieurs.

Les produits précédents, remplaçant des matériaux naturels ou artificiels de peu de valeur, ne peuvent par cela même supporter des frais de transport. Ne répondant, en général, qu'à une consommation locale, ils constituent rarement une utilisation des laitiers sur une échelle un peu grande. On a songé à retirer de ces derniers des produits de plus de prix. La société anglaise de Britten dans le district de Finedon (Northamptonshire) utilise à la fabrication du verre à bouteilles des laitiers à 38 p. 100 de silice. On les reçoit dans un four de verrerie accolé au haut fourneau et l'on y ajoute les fondants alcalins nécessaires. On utilise ainsi la chaleur du laitier, mais de plus, d'après M. Henrivaux (*), le fer qu'il contient

(*) Henrivaux, *Le Verre*, p. 298.

augmente la fusibilité du mélange, et permet de se contenter de proportions d'alcali moindres que dans les compositions de verre ordinaires. Cette fabrication ne s'est pas étendue.

Il en est de même de la préparation de l'alun ou du sulfate d'alumine par le procédé Lürmann (*). Le laitier est dissous dans l'acide chlorhydrique. L'acide sulfhydrique, provenant de l'attaque du sulfure de calcium, réduit les sels de fer au minimum et une addition de carbonate de chaux laisse le fer en dissolution et précipite seulement la silice et l'alumine. Le dépôt, lavé à l'eau acidulée pour dissoudre la chaux entraînée, desséché pour rendre la silice insoluble et traité par l'acide sulfurique bouillant, donne d'un côté une dissolution de sulfate d'alumine, de l'autre un résidu de silice, qu'on peut employer à la fabrication du silicate de soude ou comme matière pouzzolanique. D'après M. Lürmann, cette transformation, qui, à ma connaissance du moins, n'a pas passé dans la pratique, serait avantageuse avec des laitiers à la teneur atteinte quelquefois de 25 p. 100 d'alumine.

Les ciments sont aussi une matière assez chère pour laisser de la marge à de sérieux bénéfices, et leur analogie de composition avec les laitiers a éveillé, il y a longtemps, l'idée d'employer ces derniers dans les mélanges destinés à la fabrication du portland. On arrive à la composition des portlands par une addition de chaux le plus souvent, de chaux et d'alumine quelquefois; et pour la cuisson, M. Farinaux a proposé l'emploi de la chaleur sensible et latente du laitier, en faisant l'addition nécessaire dans la scorie encore fluide. Les résultats en pratique n'ont pas été satisfaisants.

Pour cette même fabrication des ciments, un procédé

(*) *Dinglers Polytechnisches Journal*, t. CXCIV, p. 351.

Tome XVI, 1889.

essentiellement différent, breveté par MM. Bosse et Wolters, a reçu au contraire depuis quelques années un développement industriel rapide. Il repose simplement sur les propriétés pouzzolaniques de laitiers granulés, de composition convenable, qu'on pulvérise aussi finement que possible et qu'on mélange ensuite des plus intimement avec de la chaux éteinte en poudre. On obtient un produit comparable aux meilleurs portlands. Je me propose d'étudier dans cette note cette nouvelle utilisation des laitiers, que je crois appelée à la plus grande extension.

I. — DES ÉLÉMENTS DU CIMENT DE LAITIER.

En étudiant parmi les pouzzolanes artificielles, les crasses de forge et les laitiers de hauts fourneaux, Vicat était arrivé à cette conclusion qu'ils ne donnent, en général, que des pouzzolanes peu énergiques. Depuis, la granulation s'est introduite fréquemment dans les usines, pour faciliter la manipulation des laitiers. Elle consiste à recevoir au sortir du haut fourneau le jet de laitier dans un courant d'eau. On obtient un sable à grains irréguliers de quelques millimètres de dimension, et, dès 1867, M. Lürmann relate à propos d'expériences faites, en 1862, à Friedrich Wilhelm's Hütte, à Siegburg (*), les propriétés des laitiers riches en chaux et granulés. Plus facilement solubles dans les acides que les laitiers cristallisés, ils sont capables de donner avec de la chaux grasse des mortiers non seulement plus gras que les mortiers de sable ordinaires, mais encore doués de propriétés hydrauliques supérieures à celle des mortiers de pouzzolanes. Les résistances sous l'eau obtenues à Sieg-

(*) *Zeitschrift d. Ingenieur und Architekten Vereins für das Königreich Hannover*, vol. XIII, p. 303.

burg sont de deux à quatre fois celle des mortiers faits avec le même dosage de sable et de trass d'Andernach, tout en étant inférieures aux résistances des ciments de portland (*). On avait de plus remarqué qu'une finesse plus grande du laitier favorise le durcissement.

Les perfectionnements qui ont conduit à la méthode actuelle résident complètement dans ces trois remarques ; il faut, pour obtenir avec un laitier un produit pouzzolanique énergique, l'intervention de la granulation, une composition chimique convenable, une finesse suffisante, obtenue par broyage.

Influence de la granulation. — Sur la nécessité de la granulation du laitier pour le développement de ses propriétés pouzzolaniques, les expériences de M. Tetmajer sont des plus concluantes. Du laitier de Choindez granulé d'une part, non granulé de l'autre, réduit en farine et mélangé avec de la chaux grasse en proportions variables, a donné sous l'eau des résistances indiquées dans ce tableau, qui établit complètement la non-valeur hydraulique des produits non granulés.

PROPORTION DU MÉLANGE (en poids.)	RÉSISTANCE PAR CENTIMÈTRE CUBE							
	28 jours		84 jours		210 jours		360 jours	
	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion
33 de chaux { granulé	33,7	259,9	43,5	377,5	46,4	440,5	44,4	438,7
100 de laitier { non granulé. .	"	"	5,4	"	10,7	50,5	13,8	59,9
66 de chaux { granulé	32,1	233,7	38,1	308,2	40,5	326,7	35,3	350,9
100 de laitier { non granulé. .	"	"	5,4	"	10,5	54,1	13,3	62,4
100 de chaux { granulé	27,6	205,2	34,3	248,9	38,9	267,8	38,1	253,1
100 de laitier { non granulé. .	"	"	"	"	7,6	47,6	10,8	63,8

Pour suivre M. Tetmajer dans une remarque ingé-

(*) A la suite de ces faits, on peut se demander quelle valeur il faut reconnaître aux brevets de MM. Bosse et Wolters.

nieuse, c'est probablement à une circonstance analogue, à un refroidissement brusque de la lave dans les mers entourant le volcan, ou par les pluies volcaniques, qu'il faut attribuer les propriétés pouzzolaniques des trass de Santorin, de Pouzzoles, des Açores, d'Andernach, etc. Les cendres volcaniques, refroidies au contraire dans l'atmosphère, semblables aux laitiers non granulés, sont inefficaces. Cependant la similitude de composition est telle qu'on peut employer en grand ces cendres à des falsifications des trass, que l'analyse est impuissante à reconnaître, et contre lesquelles on ne peut se prémunir qu'en broyant sur place les roches de trass.

L'importance de l'état physique du laitier étant ainsi démontrée, on pouvait se demander si les laitiers fusés, provenant de la désagrégation spontanée de laitiers suffisamment calcaires, ne jouissent pas également de propriétés hydraulisantes. Des essais que j'ai entrepris sur la question, et sur le détail desquels j'aurai à revenir, il résulte que la poudre de laitier fusé, au point de vue de la valeur hydraulique des mortiers, est très notablement inférieure au sable obtenu par la granulation du même laitier.

Quel est l'effet de la granulation? L'eau n'a pas une action chimique proprement dite, si ce n'est sur les sulfures, dont le soufre, isolé en partie à l'état d'acide sulfhydrique, donne aux laitiers granulés leur odeur. Mais à part cela, la composition élémentaire n'a pas changé. Pour expliquer la différence des deux états, M. Tetmajer voit dans les laitiers un alliage de composés définis, formés par les éléments constituants, et sur lesquels l'eau ou la vapeur d'eau exercerait une sorte d'action dissociaante pour en isoler soit de la silice, soit des composés capables de durcir la chaux sous l'eau. M. Le Chatelier donne une explication infiniment plus précise et plus naturelle.

Les laitiers granulés, restant vitreux, retiennent toute la chaleur de cristallisation, que les laitiers en pains dégagent pendant leur refroidissement. Par ce seul fait, les éléments simples ou composés qui les constituent, ont plus d'aptitude à entrer en combinaison en présence de l'eau soit entre eux, soit avec la chaux d'addition et à la durcir, puisqu'ils ont conservé plus d'énergie disponible. Toutes les fois que l'on augmente cette dernière, le même phénomène de changement de propriétés se produit. C'est le cas en particulier du phosphore blanc et du phosphore rouge, dont la différence de propriétés ne saurait être rattachée à une autre cause qu'à un changement d'état moléculaire physique, puisqu'on est en présence d'un corps simple, et cette différence est d'un autre côté assez grande pour montrer toute l'influence dont est susceptible ladite cause. Il faut donc chercher dans la vitrosité du laitier granulé, au moins tout autant que dans une modification de l'état de combinaison intime de ses éléments l'accroissement de l'énergie disponible qui est l'origine de ses propriétés pouzzolaniques.

Les essais calorimétriques confirment en tout cas pleinement ce fait, que l'énergie disponible est plus grande ou que la chaleur de formation est moindre dans les laitiers granulés que dans les laitiers cristallisés. Le rapport varie souvent du simple au double dans divers essais calorimétriques que j'ai entrepris. L'un d'entre eux, effectué avec plus de soin que les autres, sans être plus concluant d'ailleurs, a porté sur un laitier artificiel $2\text{SiO}^2, \text{Al}^2\text{O}^3, 4\text{CaO}$. Si l'on calcule la chaleur de dissolution des éléments de ce laitier dans l'acide chlorhydrique — abstraction faite de la chaleur d'hydratation de l'alumine qui ne se trouve pas dans les tables et ne saurait être déterminée, étant donnée sa variation avec l'état physique de cette base, — on trouve pour 1 gramme de laitier 510 calories. Les chaleurs observées au calori-

mètre, dans la dissolution dans le même acide des laitiers bien porphyrisés, sont respectivement de 420 calories pour le laitier granulé, 301 calories pour le laitier cristallisé. La différence donne comme chaleur de formation : 90 petites calories pour 1 gramme du premier, 209 pour le second.

L'explication ci-dessus fait ressortir toute l'influence de cet écart. Elle fait comprendre aussi la grande influence du mode de granulation, la nécessité d'arriver pour le laitier, par un refroidissement brusque, au maximum de vitrosité dont il est susceptible. Les laitiers demi-figés des fourneaux à poitrine ouverte, les laitiers granulés, lorsqu'ils sont déjà sirupeux, fournissent des produits sans valeur, parce que la cristallisation est déjà effectuée en partie. Les laitiers des marches extra-chaudes, des premières lâchées qui suivent les mises à feu donnent, au contraire, de meilleurs résultats que les laitiers granulés à température moins élevée.

Les laitiers acides sont facilement vitreux, mais nous verrons que, seuls, les laitiers basiques et alumineux conviennent à la fabrication des ciments, et, d'après M. Tetmajer, le bon sable de laitier doit ressembler au sable granitique décomposé, être clair, grisâtre. Il est violacé et devient rose après mouture dans les marches extra-chaudes. Les grains ont une surface mate ; quelques-uns sont boursoufflés comme la ponce. La cassure est vitreuse, sans l'être à un aussi haut degré que dans les laitiers acides, qui sont vitreux même dans la cassure de leurs grains boursoufflés, sans avoir non plus l'aspect terreux des laitiers basiques mal granulés.

L'examen microscopique en lames minces, au microscope polarisant, d'une série de laitiers artificiels de plus en plus basiques et alumineux, m'a conduit à des caractères de tout point identiques. Les laitiers acides cristallisés présentent de larges plages contiguës fibreuses,

formées de petits cristaux élémentaires allongés, orientés tous parallèlement et cimentés par une pâte vitreuse. A mesure que la basicité augmente, les plages sont remplacées par des cristaux de dimensions moindres, allongés dans les laitiers très calcaires et alumineux. Les laitiers acides granulés s'éteignent complètement entre les nicols croisés, sauf quelques rares petits cristaux naissants nageant dans la pâte vitreuse; tandis que les laitiers basiques granulés présentent dans leur texture microscopique, ainsi qu'à l'aspect, une vitrosité moins complète; les petits cristaux naissants deviennent de plus en plus abondants, et finissent par consteller de points brillants la pâte vitreuse. Les laitiers de l'industrie présentent les mêmes caractères microscopiques.

Influence de la basicité du laitier. — Le second point à examiner est l'influence de la composition du laitier. Ses propriétés pouzzolaniques dépendent en premier lieu du rapport de la quantité de chaux à la quantité de silice qu'il contient, et croissent avec ce rapport. A la suite de longues recherches sur les résistances de ciments préparés avec des laitiers de diverses provenances, M. Tetmajer est arrivé à conclure que ceux dans lesquels le rapport ci-dessus se tient aux environs de l'unité, ne sont pas même bons à la fabrication des briques ou à la préparation des mortiers. L'exemple suivant, emprunté au mémoire du savant professeur suisse, me paraît, au sujet du rôle de la chaux, des plus caractéristiques.

Avec les laitiers ci-dessous, provenant d'une même usine allemande, avec le même lit de fusion, le même combustible, mais cependant avec une différence de composition due aux changements d'allure du fourneau,

ALLURE DU FOURNEAU	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Ca O	$\frac{\text{Ca O}}{\text{SiO}_2}$	$\frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{SiO}_2}$
Laitier n° I, fonte grise.	30,49	17,15	44,29	1,45	0,56
Id. II, fonte truitée.	30,77	17,53	42,24	1,37	0,57
Id. III, fonte grise.	31,81	18,35	40,15	1,26	0,58
Id. IV, fonte truitée.	32,72	18,21	39,08	1,19	0,56

les mortiers normaux 1 : 3 préparés de la même façon avec la même quantité de chaux, ont donné des résistances allant constamment en décroissant avec la basicité du laitier.

LAI TIERS	N° I		N° II		N° III		N° IV	
	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion
	kilog.		kilog.		kilog.		kilog.	
28 jours sous l'eau.	34,1	235,4	29,2	218,8	27,9	178,8	23,9	162,3
7 jours à l'air, 21 sous l'eau.	32,0	235,2	21,7	217,8	19,7	190,2	18,8	170,9
28 jours à l'air.	18,9	155,1	16,0	152,3	16,0	107,6	14,7	117,1

N. B. Les essais sont faits sur le mortier de ciment, de préférence au ciment pur, suivant l'habitude générale en Allemagne et en Suisse. Le mortier normal 1 : 3 est fait de 1 partie en poids de ciment pour 3 de sable normal. Le sable normal est un sable très quartzeux obtenu entre 2 tamis de 60 et 120 mailles au centimètre carré, le premier retenant les parties les plus grosses, le second laissant passer les plus fines. Après le moulage, les briquettes d'essai, si l'on veut étudier le durcissement sous l'eau, ne sont portées aux cuves qu'après vingt-quatre heures de séjour dans une étuve humide.

L'alumine est un facteur hydraulisant qui joue aussi un grand rôle; à la suite de ces mêmes recherches, M. Tetmajer admet que, toutes choses égales d'ailleurs, la capacité de saturation du laitier vis-à-vis de la chaux, et la quantité de chaux nécessaire pour arriver avec lui

au ciment le plus résistant, croît avec le rapport de l'alumine à la silice, mais qu'en même temps augmente la tendance du ciment au fendillement. Les meilleurs résultats s'obtiennent, d'après lui, avec un rapport de 0,45 à 0,50 de l'alumine à la silice.

M. Bosse a formulé une autre loi, mais en la basant sur les résultats qu'il a obtenus avec des mélanges en proportions variables de deux laitiers, l'un calcaire et alumineux, l'autre siliceux, et admettant qu'on arrive ainsi au même produit pouzzolanique qu'aurait donné la granulation d'un laitier ayant la composition du mélange, ce qui certainement n'est pas admissible.

On peut reprocher un peu aux expériences de M. Tetmajer de porter sur des laitiers reçus de diverses usines, après une granulation effectuée dans les conditions les plus variables; la finesse du laitier pulvérisé, la proportion de soufre qu'il contient sont d'un autre côté dans les laitiers industriels des éléments sur le rôle desquels nous aurons à revenir; ils ont contribué comme la granulation à produire dans les essais de M. Tetmajer de fréquentes discontinuités. Les conclusions qu'il en tire sur la proportion avantageuse d'alumine ne sont pas admises partout. Il m'a semblé intéressant de reprendre ces recherches, de manière à écarter, autant que possible, les causes étrangères dont je viens de parler.

J'ai préparé au feu de forge, avec un mélange de marbre blanc, alumine calcinée et quartz pulvérisé, les laitiers suivants :

N° 1.	2SiO ²	0,25 Al ² O ³	2,25 CaO
2.	2SiO ²	0,50 Al ² O ³	2,50 CaO
3.	2SiO ²	Al ² O ³	3 CaO
4.	2SiO ²	0,25 Al ² O ³	3,25 CaO
5.	2SiO ²	0,5 Al ² O ³	3,50 CaO
6.	2SiO ²	Al ² O ³	4,00 CaO

La fusion ayant eu lieu au creuset de graphite, n'a pas

modifié la composition. J'ai employé également deux laitiers industriels :

N° 7 (Bilbao). . .	$\text{SiO}^2 = 38$	$\text{Al}^2\text{O}^3 = 10,0$	$\text{CaO} = 46$
8 (Marnaval). . .	$\text{SiO}^2 = 28$	$\text{Al}^2\text{O}^3 = 19,5$	$\text{CaO} = 45$

La *fig.* 9, Pl. VII, où chaque laitier est représenté par un point, dont l'abscisse est le rapport de la chaux à la silice, et l'ordonnée le rapport de l'alumine à la silice, montre que les six premiers laitiers forment deux séries, l'une plus acide 1, 2, 3, l'autre plus basique 4, 5, 6, de trois termes distribués linéairement dans le champ de variation des laitiers industriels. Nous admettrons, bien qu'ils n'aient pas la même origine, les numéros 7 et 8, comme termes intermédiaires. L'influence de la proportion de chaux découlera de l'examen des termes correspondants de chaque série, celle de l'alumine, des termes successifs d'une même série.

Ces laitiers, granulés dans des conditions aussi identiques que possible, pulvérisés au même broyeur, — sauf pour le laitier de Marnaval, reçu tout broyé de l'usine, — et passés au tamis 120 (1.600 mailles au centimètre carré), ont servi de base de fabrication à trois ciments chacun, à savoir :

1° Les ciments A, avec la proportion de chaux nécessaire, pour arriver à la formule $m(\text{SiO}^2, \text{CaO}) + n(\text{Al}^2\text{O}^3, 3\text{CaO})$, qu'il semblait intéressant d'étudier, bien que les proportions de chaux des ciments de l'industrie soient supérieures à celles qui découlent de cette formule;

2° Les ciments C, avec 50 de chaux éteinte pour 100 de laitier;

3° Les ciments B, avec la moyenne des proportions de chaux de A et de C. Autrement dit, j'ai obtenu :

CIMENT	PROPORTION DE CHAUX GRASSE POUR 100 DE LAITIER							
	n° 1	n° 2	n° 3	n° 4	n° 5	n° 6	n° 7	n° 8
A	14	24,50	29,0	0	0	17,0	6	12
B	32	37,25	39,5	25	25	33,5	28	31
C	50	50,00	50,0	50	50	50,0	50	50

Pour quelques-uns enfin, notamment pour la série 1, 2, 3, j'ai préparé des ciments D, avec 50 p. 100 de chaux hydraulique de Saint-Astier.

Les essais de résistance ont été faits à l'écrasement, à l'aide de l'appareil enregistreur de M. Le Chatelier, sur des briquettes cylindriques de 3 centimètres de diamètre sur 3 centimètres de hauteur, de mortier normal 1 : 3 (en poids) gâché avec 11 p. 100 en eau du poids du mortier sec.

Le gâchage d'environ 300 grammes de mortier durait régulièrement 5 minutes. Les moules des briquettes, remplis à la main, ont été tassés seulement à la truelle ; aussi les résistances ne sauraient être comparées à celles des essais faits d'après les indications du cahier des charges de Boulogne. Nous avons pris comme terme de comparaison, un ciment Portland de Boulogne traité identiquement dans les mêmes conditions.

Le tassage énergique recommandé aurait conduit à des résistances au moins triples de celles que nous avons obtenues, ainsi que nous avons pu nous en assurer par des expériences spéciales sur ce dernier ciment : des briquettes de mortier normal, d'un côté simplement tassées à la truelle, de l'autre avec le tassage à la massette imposé dans le cahier des charges dont nous venons de parler, essayées ensuite à l'eau chaude afin d'en accélérer le durcissement, ont donné comme résistance moyenne à l'écrasement par centimètre carré :

172 NOTE SUR LA FABRICATION ET LES PROPRIÉTÉS

Durée du durcissement à l'eau chaude. . .	7 jours	28 jours
Briquettes tassées à la truelle.	55 ¹ ,5	67 ¹ ,4
id. id. à la massette.	127 ¹	190 ¹ ,4

Le tassage mécanique employé en Allemagne et en particulier dans les essais de M. Tetmajer conduirait à un accroissement de résistance encore supérieur. Nos essais n'en gardent pas moins toute leur valeur comparative.

Toutes les briquettes ont été laissées dans leurs moules vingt-quatre heures à l'air humide, puis les durées et les modes de durcissement ont été :

7 jours	}	à l'eau froide,
28 »		
100 »		
100 »		à l'eau froide, 48 heures à l'étuve sèche à 90°,
7 »		à l'eau chaude,
100 »		à l'air humide.

Sans entrer dans un tableau fastidieux des maxima et moyennes des essais sur 3 à 4 briquettes, je les ai traduits graphiquement, et je donne ici (Pl. VII et VIII) les résultats des maxima, ceux des moyennes étant identiques à la valeur absolue des ordonnées près. Les *fig. 1* à *8* de la Pl. VII donnent, pour les huit ciments, les courbes reliant les résistances à l'eau froide, en fonction du temps porté en abscisse. La Pl. VIII donne les résistances des quatre derniers modes d'essai, portées en ordonnées sur des abscisses proportionnelles à celles de la *fig. 9*, Pl. VII, c'est-à-dire au rapport de la chaux à la silice.

Les ciments A, B, C, du laitier n° 1, mis à l'eau après vingt-quatre heures de prise à l'air, se sont délités immédiatement. Il en a été de même de briquettes conservées préalablement quatre jours à l'air humide. Le mélange du même laitier n° 1, avec de la chaux de Saint-Astier, n'a pas amélioré davantage la qualité hydraulique de cette chaux. Mais à mesure que la teneur en chaux aug-

mente, les expériences, comparables entre elles, que je viens de détailler, montrent un développement régulièrement progressif des propriétés hydraulisantes du laitier. La comparaison des séries 1 et 4; 2, 7 et 5; 3, 8 et 6 (*fig. 1* à 8, Pl. VII, et *fig. 1*, Pl. VIII) l'établit d'une façon indubitable, sans que cette proposition me paraisse le moins du monde devoir être mise en doute en présence d'une seule anomalie, le maximum de résistance présenté dans l'essai de sept jours à l'eau chaude (*) par le laitier n° 8 (*fig. 4*, Pl. VIII). Il s'agit là, non seulement d'un essai de nature spéciale, mais encore d'un laitier industriel dont le caractère non moins différent des autres a été indiqué.

En ce qui concerne la teneur en alumine, la gradation n'est pas moins régulière dans les séries 1, 2, 3, puis 7 et 8, enfin 4, 5 et 6 (Pl. VII, *fig. 1* à 8; Pl. VIII, *fig. 1*), tout au moins au point de vue de la résistance sous l'eau. M. Tetmajer apporte des réserves au sujet du fendillement; les essais à l'étuve (*fig. 2*, Pl. VIII), à l'air humide (*fig. 3*, Pl. VIII), montrent encore la supériorité des laitiers les plus alumineux. On peut reprocher aux expériences que j'ai entreprises de n'avoir porté que sur une durée limitée, par suite de la difficulté d'arriver par le moyen que j'ai employé, à une quantité de laitier un peu notable; on peut également faire observer que le fendillement provient surtout des alternatives de sécheresse et d'humidité, et qu'il se produit moins dans l'air constamment humide; que les essais à l'étuve sèche s'accompagnent d'une carbonatation plus rapide de la chaux d'addition, phénomène de sens contraire au fendillement, au point de vue des résistances, et qui explique l'accroissement notable de ces dernières dans la *fig. 2*,

(*) L'essai à l'eau chaude ne paraît pas avantageux aux ciments de laitiers; l'élévation de température active probablement la dissolution de la chaux sur laquelle le laitier n'a pas immédiatement réagi.

Pl. VIII. Mais, d'un autre côté, les chiffres cités par M. Tetmajer ne me semblent pas établir du tout sa proposition. Ils présentent les plus grands écarts pour les raisons déjà indiquées, et aucun indice ne ressortant des essais que j'ai entrepris, je crois pouvoir conclure à ce qu'un laitier est d'autant plus avantageux, qu'il est à la fois plus riche en chaux et en alumine, conditions réalisées surtout dans les laitiers de moulage.

En fait c'est dans les laitiers de cette catégorie, que rentrent les laitiers employés industriellement à la fabrication des ciments, sur lesquels j'ai pu recueillir les renseignements qui suivent. Tous sont au-dessus de la teneur en alumine préconisée par M. Tetmajer.

I, II. Laitiers de Choindez (échantillons de 1887 et 1888) utilisés à l'usine de Choindez (d'après M. Tetmajer).

III. Laitier de Marnaval (1888) employé à Donjeux.

IV. Laitier de Saulnes (1888) employé à Saulnes.

	I	II	III	IV
SiO ₂	27,33	26,24	28,35	31,50
Al ₂ O ₃	23,81	24,71	18,15	16,62
CaO	45,83	46,83	47,40	46,10
FeO	0,63	0,49	1,50	0,62
MgO	0,92	0,88	2,45	
CaSO ₄	0,17	0,32		
CaS	1,34	0,59	S = 1,40	
Perte au feu	"	"	1,50	
CaO				
SiO ₂	1,67	1,78	1,67	1,46
Al ₂ O ₃				
SiO ₂	0,87	0,93	0,64	0,52

Les laitiers basiques sont aujourd'hui pour ainsi dire tous sulfureux, ils contiennent la plus grande partie du soufre, du coke et du minerai. La présence du soufre dans les laitiers a-t-elle une grande influence sur l'altération des ciments préparés avec eux? Au point de vue de la conservation sous l'eau, M. Tetmajer conclut de ses expériences, à la parfaite innocuité du soufre. Au bout de trois ans, des briquettes de ciments préparées avec un

laitier d'Espagne extraordinairement sulfureux, dégageaient, comme le premier jour, de l'hydrogène sulfuré dans leur cassure, et n'avaient subi aucune altération dans l'eau. Le seul effet du soufre, dans les ciments de laitiers durcis sous l'eau, est la coloration verdâtre, due sans doute au sulfure de fer qui finit par les pénétrer complètement. Cette coloration se fonce dans l'eau chaude. A l'air elle disparaît, du dehors en dedans, par oxydation du sulfure probablement. Ce dernier indice peut rendre circonspect. L'exemple des portlands, où le soufre des calcaires passe par la cuisson à l'état de sulfate de chaux, et amène par son hydratation des boursouflements, peut faire craindre les mêmes inconvénients, lors de l'hydratation des sulfates produits à l'air dans les ciments qui nous occupent. C'est peut être là l'unique cause, à l'exclusion de toute influence de l'alumine, de la facilité au fendillement que les ciments de laitier semblent présenter à l'air, à un degré plus grand que les ciments ordinaires.

M. Tetmajer cite, dans le mémoire où nous avons déjà puisé tant d'utiles renseignements, des expériences de M. Lunge, permettant d'arriver à une désulfuration notable des laitiers, par l'action de l'acide carbonique en présence d'un peu d'eau, lors du broyage. Outre que l'application de ce procédé arriverait à accroître les frais de fabrication, il me semble de plus qu'il diminuerait la valeur pouzzolanique du laitier, en carbonatant la chaux qu'il contient et qui intervient aussi dans la prise. Je n'en veux pour preuve que l'exemple des ciments A des laitiers 4 et 5 (*fig.* 4 et 5, Pl. VII). Ces deux ciments ne sont autres que les laitiers 4 et 5, sans aucune addition de chaux.

En terminant je reviens ici sur un point ménagé plus haut relativement aux laitiers fusés. Avec le laitier 5 qui est fusant, j'ai préparé des ciments A', B', C' avec les

mêmes proportions de chaux grasse, qu'avec le même laitier granulé, à savoir 0,25, 50 de chaux grasse p. 100 de laitier, de plus un ciment D' avec 50 p. 100 de chaux de Saint-Astier. Les briquettes des ciments B' et C' laissées 24 heures à l'air et mises à l'eau 48 heures dans leurs moules, se sont complètement délitées lors du démoulage, par suite de la dissolution de la chaux d'addition, sur laquelle le laitier était par conséquent resté sans action. Le ciment A' n'est que très médiocre (*fig. 5, Pl. VII*) et le laitier n'a pas amélioré la chaux de Saint-Astier (ciment D', même *fig.*). Il est cependant un point qui mérite d'être signalé, et qui explique l'avantage qu'on a quelquefois trouvé à ajouter du laitier fusé au sable des mortiers aériens. Les ciments purs A', B', C', gâchés avec 35 p. 100 d'eau, ont pris en un temps qui a varié entre 40 et 50 minutes, qui est même notablement moindre que le temps de prise des ciments du même laitier granulé. D'un autre côté les résistances du ciment A' (*fig. 3, Pl. VIII*) même sans addition de chaux, à l'air sont assez notables. Autrement dit, les laitiers fusés donnent avec la chaux grasse des mortiers aériens de qualité suffisante, prenant comme de vrais ciments, mais sans valeur hydraulique.

Influence de la pulvérisation du laitier. — La pulvérisation du laitier est également un point de la plus grande importance pour la résistance des ciments; on conçoit en effet qu'il faille l'amener à un état de finesse suffisant pour permettre à toutes ses parties d'arriver au contact de la chaux finement blutée, et de réagir sur elle en présence de l'eau. M. Tetmajer précise cette influence par l'exemple suivant. Le premier échantillon indiqué ci-dessous A est un produit de la fabrication de Choindez en 1882-1883. L'échantillon B en 1884-1885 a été plus finement pulvérisé. Le troisième C date de la même époque, mais on en a achevé la mouture par un

nouveau broyage au laboratoire du Polytechnicum. En opérant sur le mortier normal 1 ciment, 3 sable, le rapprochement des résistances obtenues de la pulvérisation du laitier correspondant, montre toute l'importance de celle-ci.

	A	B	C
Poids spécifique.	2,65	2,69	2,67
Résidu au { 900 mailles.	7,1 p. 100	0,5 p. 100	0,0 p. 100
tamis de { 2500 id.	16,1	2 0	0,5
500 au centimètre cube.	28,9	18,0	8,1
7 jours sous l'eau. { Arrachement . . .	9,2	16,0	21,0
{ Compression . . .	97,7	104,0	134,1
28 jours sous l'eau. { Arrachement . . .	15,5	29,5	37,8
{ Compression . . .	124,1	201,3	254,1

Addition de chaux. — Reste enfin à dire quelques mots de l'addition de chaux. En ce qui concerne sa nature, les résultats des essais que j'ai entrepris ne semblent pas montrer qu'il y ait intérêt à employer la chaux hydraulique, si ce n'est pour accélérer la prise de celle-ci. Les temps de prise observés en effet avec les ciments purs gâchés avec 35 p. 100 d'eau ont été de

CIMENT	LAITIERS							
	1	2	3	4	5	6	7	8
A	3 ^h 0 ^m	2 ^h 45 ^m	1 ^h 40 ^m	1 ^h 45 ^m	1 ^h 30 ^m	1 ^h 15 ^m	2 ^h	1 ^h 50 ^m
B	2 25	2 45	1 30	1 45	1 15	1 15	2	1 50
C	3 10	2 45	1 30	1 30	1 15	1 15	2	1 50
D	3 10	2 45	1 30					

Mais au point de vue de la résistance, avec les laitiers basiques et aluminieux la chaux hydraulique ne semble pas présenter d'avantages (courbes D. Pl. VII); avec les laitiers acides, elle ne se trouve pas améliorée comme on aurait pu s'y attendre avec des pouzzolanes peu énergiques.

D'après M. Tetmajer la chaux maigre peut être substituée avec avantages à la chaux grasse, pour les ciments destinés à être employés à l'air, et je crois qu'on applique effectivement cette remarque à l'usine de Donjeux, les ciments de chaux maigre étant moins sujets au fendillement.

Mais en général la chaux employée est la chaux grasse, sans grains ni graviers, obtenue par blutage après son extinction. Le mélange intime de la chaux et de la farine de laitier, qui est le but que la pulvérisation complète de ce dernier permet d'atteindre, se fait par un malaxage mécanique prolongé. Cette homogénéisation s'accompagne d'une trituration de la chaux, qui permet quelquefois de se dispenser du blutage. Il résulte d'expériences de M. Tetmajer, que la chaux peut être employée longtemps après son extinction, sans nuire à la qualité du ciment; la destruction par extinction spontanée des dernières parties non éteintes ne lui est que profitable. L'emploi d'une farine de laitier longtemps après sa mouture, a donné au contraire des résultats un peu inférieurs à ceux de la farine de laitier employée immédiatement. Il est vrai que la première avait été abandonnée dans une enceinte saturée d'humidité et d'acide carbonique, et c'est probablement à une carbonatation de la chaux du laitier qu'il faut rattacher le phénomène.

Le dosage de la chaux a aussi une grande influence. On conçoit en effet qu'il y ait intérêt, au point de vue de la résistance, à fournir au laitier toute la quantité qu'il peut durcir sous l'eau, sans la dépasser, tout excès ne pouvant être que nuisible et ne faisant pas prise au milieu du ciment. Même pour les travaux aériens un excès de chaux sur lequel n'aura pas réagi le laitier, ne pourra que favoriser le fendillement. Avec les différents dosages employés pour les huit laitiers de la page 169-170, les courbes de durcissement sous l'eau (Pl. VII) montrent que le dosage qui cor-

respond à la formule $m(\text{SiO}^2, \text{CaO}) + n(\text{Al}^2\text{O}^3, 3 \text{CaO})$ pour le mélange, — y compris la chaux contenue dans le laitier, — n'est préférable aux autres que pour les laitiers de peu de valeur pouzzolanique; qu'une proportion de moitié de chaux est pour les laitiers meilleurs un peu forte. Il est vrai qu'au delà de 100 jours le durcissement doit continuer; mais enfin, il semble qu'on puisse conclure que c'est au voisinage du dosage intermédiaire (courbes B), c'est-à-dire, suivant les cas, entre 30 et 40 p. 100, qu'il faut chercher la proportion de chaux à employer. Les mêmes essais confirment pleinement la remarque de M. Tetmajer qu'il faut d'autant plus de chaux pour obtenir le ciment le plus résistant, que le laitier est plus alumineux et concordent également avec les renseignements suivants. A Choindez l'addition de chaux est de 40 à 45 p. 100 du poids du laitier; à Donjeux 40 p. 100. Dans le Brunswick, d'après M. Bosse, dans le Cleveland, d'après M. Grosclaude, l'addition est de 33 p. 100 du poids du laitier.

II. — FABRICATION DU CIMENT DE LAITIER.

La fabrication du ciment de laitier, d'après l'étude précédente, réside donc dans les opérations suivantes : la granulation, la pulvérisation du laitier, le blutage de la farine et de la chaux éteinte, le mélange intime de ces deux éléments fondamentaux, avec des additions pouzzolaniques, s'il y a lieu.

Une conséquence forcée de la pulvérisation extrême à laquelle il faut arriver pour le laitier, est la nécessité d'une dessiccation préalable. L'eau qui a servi à le granuler reste en partie interposée entre ses grains, et aurait pour conséquence la formation de grumeaux gênants lors de la mouture, puis la prise par place du ciment après l'addition de chaux. On a essayé cependant de

substituer la chaux vive à la chaux éteinte et de supprimer la dessiccation, en utilisant l'eau du laitier à l'extinction de la chaux. Mais ce procédé a l'inconvénient de réduire la résistance des ciments, par suite de l'attaque superficielle des grains du laitier par la chaux en présence de l'eau; un autre désavantage est qu'il peut laisser subsister des particules de chaux non éteintes, qui, à l'état de granules, pourraient amener le boursoufflement du ciment. C'est un inconvénient que présentent quelquefois les portlands malgré la précaution que l'on prend de les abandonner à l'air pour laisser éteindre spontanément la chaux vive provenant de la cuisson des grains calcaires.

On emploie donc généralement aujourd'hui l'étuvage du sable de laitier. La question de température si importante dans la cuisson des produits hydrauliques ne joue pas ici un grand rôle. Il n'y a rien à redouter d'une élévation de température même au rouge sombre, il suffit de ne pas atteindre le point où le laitier vitreux recommencerait à cristalliser.

Granulation. — Pour la granulation, le point essentiel est que le laitier soit à très haute température et la quantité d'eau largement mesurée, pour arriver, par un refroidissement brusque, au maximum de vitrosité. On le réalise à Choindez, en prenant une voie des laitiers très courte, de 1^m,50 environ, qui amène la scorie sur un courant d'eau, que débite à haute pression un tuyau de 7 à 8 centimètres de diamètre. Le sable de laitier, entraîné par le courant dans un réservoir, y est repris par une chaîne à godets perforés, qui le déverse dans les wagons destinés à le conduire à la fabrique de ciment.

A Saulnes, la granulation s'effectue dans des conditions un peu différentes. Le laitier est reçu dans de grandes caisses pleines d'eau, à la surface de laquelle surnagent

après l'opération des poussières que l'on écarte. La claine qui s'est rassemblée au fond est criblée pour en écarter également les morceaux trop volumineux, par suite mal granulés.

Dessiccation du sable de laitier. — Cette dessiccation s'obtient à Saulnes au moyen d'étuves brevetées, chauffées par une partie des gaz du haut fourneau. C'est une solution rationnelle pour les fourneaux isolés de toute aciérie, et où les gaz du gueulard sont en quantité surabondante pour le chauffage des chaudières et du vent.

L'usine de Donjeux a installé tout d'abord une étuve double, avec deux chauffes latérales CC (*fig. 1*, Pl. IX) et dans laquelle les gaz circulent comme l'indique le croquis en plan. Le laitier granulé est préalablement étendu et desséché sur la voûte de l'étuve, introduit à l'intérieur et retourné de temps en temps sur place. Cette étuve de 70 mètres carrés passe à peine 5 à 6 tonnes par jour. Depuis, on a installé une étuve continue du système Holst, appliquée déjà à l'usine à ciment de Mallstatt. Elle se compose essentiellement d'un cylindre en tôle de 9 mètres de long sur 0^m,80 de diamètre, dans lequel une hélice de 96 pas (soit moins de 0^m,10 au pas) en saillie de 0^m,10 sur un manchon central à claire-voie, est animée d'un mouvement de rotation qui fait avancer le laitier d'une façon régulière. Les flammes du foyer circulent d'abord en dessous du cylindre sur toute sa longueur, une murette en briques préservant la tôle de leur contact direct, puis pénètrent ensuite dans le manchon intérieur. Elles se rendent par là à la cheminée, en circulant en sens inverse du laitier dont elles lèchent la surface. L'agitation continuelle du laitier favorise le dégagement de la vapeur d'eau. L'appareil, infiniment moins volumineux que le précédent, passe de 7 à 8 tonnes de sable de laitier par jour, avec une dépense en combusti-

ble d'environ 5 p. 100 du poids du laitier. L'alimentation et la sortie du sable étuvé se font automatiquement par une spirale d'Archimède.

L'usine de Choindez possède une étuve fort ingénieuse (*fig. 2*, Pl. IX) et d'une simplicité d'installation des plus remarquables. Elle rappelle certains fours de grillage à chute contrariée des usines à produits chimiques.

Cette étuve comprend quatre séries de planchettes en tôle superposées et inclinées en sens inverse, *ab*, *a₁b₁*, fixés par leurs bords latéraux sur les 4 montants verticaux ABC autour de l'espace BBBB dans lequel s'élèvent les gaz de la chauffe. Chacune des faces de l'appareil comprend ainsi dix planchettes étagées sur 7 mètres de hauteur. Le laitier est chargé à la pelle sur la plus élevée et descend de lui-même dès qu'on dégarnit en F le tas de laitier déjà desséché et qu'on augmente son talus.

Dans ce trajet en sens inverse des gaz, le laitier se dessèche donc automatiquement. Une pareille étuve, avec les dimensions figurées, suffit largement à l'usine de Choindez, où la production, comme à Donjeux, est de 20 tonnes par jour, correspondant à 12 à 15 tonnes de laitier. La dépense en combustible est un peu plus élevée qu'à Donjeux, elle atteint 6 à 6,5 p. 100 et le combustible est du coke, plus cher par conséquent. L'appareil a par contre l'avantage d'une installation plus économique, d'une dépense en main-d'œuvre presque nulle; comme force motrice, la seule nécessaire est celle dont a besoin le monte-charges qui élève la claine au sommet de l'appareil. Son désavantage, au point de vue du rendement, doit être attribué à ce qu'il offre une surface trop considérable au rayonnement extérieur; en l'enfermant dans un massif de maçonnerie mauvais conducteur, en adoptant plus simplement les fours de calcination à chute contrariée dont nous parlions, on supprimerait cet inconvénient, en sacrifiant, il est vrai, la simplicité de l'installation.

Pour la dessiccation, l'emploi des étuves ordinaires, à l'exemple de Donjeux, conduirait donc à des emplacements trop considérables pour une production tant soit peu importante de ciment. C'est aux appareils, fort nombreux d'ailleurs, du genre de ceux que nous venons de décrire, se recommandant par une grande production due au chauffage méthodique et à la circulation automatique du laitier, qu'il convient d'avoir recours.

Pulvérisation du laitier. — Le laitier granulé est très dur, et doit être réduit à un état de finesse très grand. Le broyage s'effectue en général dans des paires de meules de moulin ordinaires, chaque paire comprenant une meule gisante inférieure, une meule tournante supérieure.

L'usine de Choindez installa d'abord deux paires de meules de cette nature, de 1^m,50 de diamètre. Depuis, elle possède une paire de meules roulantes de 2 mètres de diamètre, avec déversement de la matière broyée par le centre sur un premier tamis conique, qui fait un blutage sommaire. La production de cet appareil est plus du double de celle d'une des paires de meules précédentes, mais il faut reconnaître que le produit qui en sort laisse au blutoir un refus plus considérable. La solution actuellement adoptée est de charger la paire de meules roulantes du dégrossissage, ou tout au moins d'une première pulvérisation. On n'y passe que du sable de laitier; le refus de la bluterie, avec du sable de laitier s'il est nécessaire, est déversé aux meules gisantes. Cette installation suffit à l'usine de Choindez, pour une production de 20 tonnes de ciment soit 12 tonnes de laitier broyé par jour. Une troisième paire de meules gisantes est en réserve.

L'usine de Donjeux, pour la même production journalière, a quatre paires de meules gisantes, dont on peut compter deux paires en marche continue.

Ces deux usines, comme nous le verrons plus loin, ont une force hydraulique qu'elles estiment un peu largement peut-être à 80 ou 100 chevaux. Elle sert aussi, d'ailleurs, dans les deux cas à des fabrications étrangères à celles du ciment proprement dit.

Je crois que la pulvérisation du laitier ne doit pas présenter plus de difficultés que celle du portland, pour laquelle on admet généralement 40 chevaux pour une tonne à l'heure. Nous pouvons admettre, je crois, pour une paire de meules des dimensions indiquées, 20 à 25 chevaux, avec une production de 400 à 500 kilogr. à l'heure.

En Allemagne, on emploie sur la plus vaste échelle des broyeur à boulets de tous systèmes dans les fabriques de ciments, de produits réfractaires, comme aussi dans les aciéries basiques pour le broyage des scories de déphosphoration. On y a appliqué divers perfectionnements intéressants, et peut-être pourrait-on s'en servir avec avantage pour le broyage du laitier granulé. Tout d'abord, on est facilement arrivé à rendre ces appareils continus. Le broyeur Lûther (*fig. 3*, Pl. IX) est dans ce cas. Il est alimenté automatiquement par le distributeur à palettes *p* et la petite vis d'Archimède *A*. Quand la matière atteint une hauteur suffisante dans le premier compartiment, elle passe successivement dans les autres par les orifices centraux des cloisons, et est conduite par la vis *B*, à l'orifice de sortie, où elle est reçue directement en sacs.

En réglant la vitesse d'alimentation, on arrive à tous les degrés de finesse. Le trommel a environ 2 mètres sur 1^m,20 de diamètre. Son poids est de 5.000 kilogrammes, dont 1.000 kilogrammes de boulets de diverses grosseurs, les petits remplissant les vides que laissent entre eux les plus gros.

Le broyeur Morel, que l'on rencontre également, est

un broyeur à boulets continu, mais à axe horizontal. Les boulets, de diamètre plus considérable que dans l'appareil précédent, sont entraînés par des bras montés sur un arbre vertical dans une enveloppe en forme de demi-tore creux, entre les parois de laquelle et les boulets on distribue annulairement la matière à broyer.

L'usine du Teil essaie pour ses ciments de grapiers un autre appareil, à force centrifuge également, comprenant 8 étages de 5 palettes, mobiles autour de 5 axes verticaux, entraînés par un axe central dans un cylindre creux. Contre la surface interne de ce cylindre, les palettes viennent s'appliquer pendant la marche de l'appareil, en triturant la matière à broyer, qui est distribuée comme dans le cas précédent le long de la surface interne du cylindre creux.

Une autre série d'appareils, du genre du broyeur à boulets, se caractérise par un autre avantage encore que celui d'être continus. Ils réunissent en eux le broyeur et le blutoir, en supprimant par conséquent les appareils de transport, chaînes à godets, vis intermédiaires. Le broyeur Sachsenberg (*fig. 4*, Pl. IX) s'alimente par une trémie centrale A. La matière arrive dans un tambour de 1^m,600 de diamètre, contenant de 600 à 800 kilogrammes de boulets en fonte, et dont le manteau B, percé de fentes ou de trous, laisse tomber les parties broyées sur deux tamis superposés C, D, le premier plus grossier, préservant le tamis plus fin. Le refus des deux tamis vient se réunir dans la couronne E, et rentre par les bras recourbés HH et les ouvertures *o* dans l'intérieur de l'appareil. Le broyeur Gruson est analogue.

Le broyeur Jenisch (*fig. 5*, Pl. IX), construit par M. Löhnert, à Bromberg, est encore plus compliqué. Le tambour est formé de huit plaques de 22 millimètres percées de trous et montées de façon à tendre toujours à

relever un peu leurs extrémités vers le centre. Elles forment ainsi une série de gradins qui dérangent les boulets, en rendent la course moins uniforme et en augmentent les chocs et l'efficacité. Ces plaques sont percées de trous de 8 millimètres. La matière broyée les traverse, tombe sur un tamis protecteur qui en retient les gros morceaux, et préserve le tamis plus fin qui entoure tout le trommel. Le refus rentre dans l'appareil non seulement par les petites grilles radiales placées entre les plaques du tambour, mais aussi dans les parties supérieures de la révolution par les intervalles entre les mêmes grilles et les extrémités des plaques. La matière broyée se réunit, comme dans les appareils précédents, dans une trémie qui enveloppe tout le broyeur.

Indépendamment de l'avantage dont nous avons déjà parlé, de la commodité de l'installation, ces appareils sont, paraît-il, pour le portland, plus économiques que les meules. En séparant les particules broyées dès qu'elles sont arrivées à un état de finesse suffisant, il est possible qu'ils compensent l'imperfection théorique qu'ils partagent au point de vue de la perte de forces vives et du rendement avec tous les appareils à chocs. Le rôle de ces particules est en effet non seulement inutile dans le broyeur, mais nuisible; elles doivent former un coussin élastique qui permet aux parties non broyées de résister aux chocs des boulets.

Les dimensions données ci-dessus pour les appareils Sachsenberg et Jenisch correspondent à une production de 500 à 600 kilogrammes de ciment ordinaire ou scories Thomas à l'heure, amenés seulement, il est vrai, à passer au tamis de 500 mailles au centimètre carré, avec une dépense en force motrice de 10 chevaux effectifs, soit 15 à 16 chevaux indiqués. Le sable de laitier paraît se présenter dans des conditions moins favorables, puisqu'il est déjà très menu, et doit filtrer facilement dès le com-

mencement de l'opération entre les boulets. Il est possible, néanmoins, et les constructeurs l'affirment, que la production reste encore supérieure à celle indiquée pour les meules, avec la même dépense de force motrice. En tous cas, ces broyeur et les types analogues ont pris pour les ciments ordinaires une extension considérable en Allemagne et même en France. On est arrivé à les construire assez solidement, pour que les réparations et l'usure n'en soient pas trop considérables.

Blutage. — Le laitier pulvérisé doit être bluté. Cette opération, pour laquelle on a essayé à Choindez des tamis à secousses sans grands avantages, se fait aujourd'hui dans cette usine dans des trommels cylindriques de 1.200 mailles au centimètre carré. A Donjeux, on emploie un blutoir polygonal de 1.500 mailles au centimètre carré. Dans les usines de ciments ordinaires, une opinion très en faveur est que les tamis en laiton présentent une facilité d'obstruction moins grande que les tamis en acier. A Choindez, où pour la farine de laitier on emploie simultanément un tamis en acier et un tamis en laiton, on prétend cependant n'avoir pas fait la moindre différence. On a un ou deux tamis de rechange pour les substituer de temps en temps à ceux en usage, et procéder au nettoyage à la brosse de ces derniers. Un marteau à came retombe trois ou quatre fois par révolution sur l'axe de l'appareil, et lui communique des ébranlements qui détruisent les arc-boutements de matière qui engorgent les trous des tamis.

Homogénéisation. — Les matières exactement pesées, farine de laitier, chaux, additions diverses, sont soumises à un premier malaxage, dans des malaxeurs verticaux montés sur les machines à homogéniser à Choindez, dans un malaxeur indépendant à bras hélicoïdaux, à axe horizontal à Donjeux.

L'homogénéisation proprement dite se fait dans des broyeurs qui ont l'avantage d'augmenter encore la ténuité des particules de laitier et de chaux, en améliorant ainsi la qualité du ciment.

L'usine de Donjeux homogénise le mélange par une rotation prolongée d'une heure ou deux dans deux broyeurs à boulets ordinaires discontinus. La charge est introduite par une porte latérale; elle est après l'opération déversée par la même ouverture dans laquelle une grille retient les boulets.

L'installation de Choindez était primitivement identique. Depuis on se sert presque exclusivement d'un broyeur Lütter et d'un broyeur Hanctin tous deux continus. Le premier avec les dimensions indiquées plus haut donne à l'homogénéisation 900 kilogrammes à l'heure, soit 9 à 12 tonnes par jour. Le broyeur Hanctin, si répandu dans les fonderies françaises, comprend dans un tambour fixe un cylindre creux d'un diamètre moindre, sur la surface duquel, dans des alvéoles disposées en spirale, sont logés des boulets pleins libres de tourner et de se soulever légèrement entre le tambour et le cylindre. La matière introduite à une extrémité chemine jusqu'à l'autre, en étant soumise au frottement et au choc des boulets. L'appareil de Choindez a 2 mètres de longueur sur 0^m,700 de diamètre à la vitesse de 60 à 65 tours, il débite 5 tonnes de ciment par douze heures. La mise en sacs s'effectue facilement comme dans le broyeur Lütter.

Additions. — Nous avons déjà mentionné la substitution faite quelquefois de la chaux maigre à la chaux grasse pour atténuer le fendillement des ciments de laitier employés à l'air. On a recours aussi à des additions pouzzolaniques dans le but d'activer la prise du ciment. Le résidu de la préparation des aluns au moyen des sili-

cates alumineux ou même des laitiers alumineux par le procédé Lürmann, après avoir été bien lavé, surtout au cas de l'emploi de l'acide sulfurique dans sa préparation, pour éviter l'introduction de cet acide dans le ciment, est une matière pouzzolanique dont la valeur a été déjà signalée par Vicat. Il contient surtout de la silice gélatineuse, et en le mêlant à ses produits, l'usine de Donjeux est arrivée à fabriquer des ciments à prise relativement rapide. On peut d'ailleurs ajouter à l'homogénéisation dans les ciments de laitiers, au même titre que dans les portlands artificiels, les diverses pouzzolanes, argile cuite, etc. De même, on peut avoir recours, pour leur donner du glacé, à une addition de carbonate de soude. Il peut être avantageux également d'ajouter au laitier qui sert de base à la fabrication un laitier plus alumineux pour favoriser la prise, ou plus calcaire pour en améliorer les résistances. On dispose, autrement dit, de nombreux procédés, dont l'emploi est subordonné aux convenances et aux ressources locales, pour améliorer la qualité de produits, dont les éléments fondamentaux sont toujours le laitier granulé et la chaux éteinte.

Installation et consistance des fabriques de ciment de laitier. — Comme dans toute usine où la quantité de matières traitées est considérable, l'installation doit être faite de manière à réduire le plus possible la main-d'œuvre et à comprendre sur une vaste échelle l'emploi des transports automatiques. Mais, comme ces fabriques ne diffèrent des usines à ciments ordinaires que par la substitution au four de cuisson de l'étuve de dessiccation des laitiers, je passerai rapidement sur cet important sujet pour ne retenir que ce qui touche à la consistance de l'usine, au personnel, à la force motrice nécessaires.

L'usine de MM. Henry, Gonod et Girardot, installée primitivement à Ancerville-Gué, près Saint-Dizier, vient

d'être transportée dans les anciens moulins de Donjeux. L'usine reçoit par bateau les laitiers de Marnaval. Une roue Sagebien de 9^m,40 de diamètre, 4^m,40 de largeur, lui fournit la force motrice nécessaire, évaluée à 80 ou 100 chevaux. Le laitier, emmagasiné quelque temps sous des hangars où il commence à se dessécher, passe aux étuves, est distribué depuis là par une chaîne à godets dans les trémies d'alimentation automatique des paires de meules gigantes. Des vis transporteuses amènent le laitier broyé à une chaîne à godets unique qui le remonte aux blutoirs installés au troisième étage d'un bâtis en charpente dans la grande halle de l'usine. La chaux y est également blutée. A l'étage intermédiaire se fait le dosage et le malaxage des matières, et, au moyen de trappes, on fait passer le mélange dans les machines à homogénéiser au-dessous. Le ciment tombe ensuite dans des trémies qui servent à remplir les sacs. Sans parler de la fabrication intéressante de carreaux mosaïques, de briques de laitier et ciment de laitier superposés, et de la force motrice et du personnel qui y sont employés, on peut admettre que l'usine de Donjeux, pour sa production journalière de 18 à 20 tonnes de ciment, exige 50 à 60 chevaux de force et comprend un personnel d'environ vingt hommes, un mécanicien et un aide pour les réparations, quatre hommes de jour et trois de nuit aux étuves et au broyage, huit manœuvres pour les transports divers. Les meules s'usent énormément et occupent en plus un personnel de trois rhabilleurs de meules.

L'usine de Choindez est installée près de la station du même nom sur la ligne de Delémont à Bienne (Suisse). Elle utilise en partie les laitiers d'un haut fourneau en moulage, donnant 45 tonnes de fonte par jour. Le reste est employé à la fabrication de briques de laitiers. Grâce à cette double utilisation, l'usine est non seulement débarrassée des crasses de son fourneau, mais, pour suffire

à la consommation depuis la fabrication du ciment, elle emploie pour ses briques grossières du calcaire broyé au désintégrateur Carr, en proportion égale à celle du laitier. L'usine, autrement dit, manque de laitiers. Ceux de ces derniers destinés à l'usine à ciment sont relevés par un monte-charges à une cage au sommet de l'étuve que nous avons décrite (*fig. 2*, Pl. IX), par laquelle ils descendent automatiquement au broyage. Deux paires de meules gisantes, une troisième en réserve, une paire de meules roulantes sont affectées à cette opération. La matière broyée remonte aux blutoirs installés au premier étage, d'où le refus redescend aux meules. La farine blutée, mélangée à de la chaux également blutée, est directement chargée dans les trémies d'alimentation des broyeurs Hanctin et Lütter. Une locomobile, une machine à vapeur horizontale, une turbine sur la Birse, avec une force totale de 100 chevaux, suffisent à la fabrication des briques et du ciment. Le personnel, comme à Donjeux, est pour l'usine à ciments de vingt à vingt-deux hommes dont deux de nuit au broyage.

Prix de revient et de vente des ciments de laitier. — Si, avec les éléments précédents, nous essayons de constituer un prix de revient théorique, en supposant même l'usine indépendante du haut fourneau et lui payant ses laitiers 1 franc la tonne, on a tout d'abord comme consommation de matières :

600 kilog. de laitier à 1 fr.	0 ^f ,60
400 » de chaux à 10 fr.	4,00
30 » de charbon de dessiccation à 20 fr.	1,00
	<hr/>
	5 ^f ,60

Il y faut ajouter 1 franc pour les sacs, en admettant, comme c'est l'habitude, qu'ils reviennent facilement à l'usine.

Quant à la main-d'œuvre, avec une usine de la consistance de celle dont nous venons de parler, avec un personnel de vingt hommes pour 20 à 25 tonnes de ciment par jour, nous pouvons l'évaluer à 3',50 par tonne.

La force motrice nécessaire, comptée sur le pied de 0',15 à 0',20 par cheval-heure et fixée largement à 40 à 50 chevaux pour le broyage en une heure de 1.000 kilogrammes de laitier, peut être estimée pour 600 kilogrammes à 4',80 ou 5 francs. Avec un moteur hydraulique, ce chiffre sera notablement réduit dans des proportions très variables d'ailleurs, suivant les conditions d'emploi ou de location de la chute d'eau.

Enfin, les frais généraux peuvent être fixés à 2 franc par tonne; ils ne doivent pas dépasser le chiffre des usines à ciments ordinaires, dans lesquelles l'installation est, somme toute, plus considérable. On arrive, dans ces conditions, avec une part très large faite à ses divers éléments, au prix de revient :

Consommation de matières. Sacs.	6',60
Main-d'œuvre	3,50
Force motrice	5,00
Frais généraux.	2,00
	<hr/>
	17',10

Avec quelques additions pouzzolaniques au besoin, on peut estimer de 15 à 20 francs le prix de revient de la tonne de ciment de laitier. Plusieurs propriétaires de hauts fourneaux de Middlesborough ont affirmé à M. Grosclaude pouvoir donner de ce même ciment de première qualité, à 10 schillings, soit 12',50 la tonne. Dans des conditions spéciales de production avec des chaux, des houilles moins chères, une force hydraulique, une fabrication plus importante, il est parfaitement possible qu'on puisse arriver à abaisser le prix de revient au-dessous du chiffre fixé plus haut.

Le ciment de laitier se vend en Angleterre 24 francs, à Donjeux, Choindez, 30 francs. Il faut évidemment tenir compte des essais coûteux inséparables de toute fabrication nouvelle; mais, ces derniers une fois traversés, il est certain que le prix de vente s'abaissera, tout en laissant encore, comme nous l'avons dit en commençant, de sérieux bénéfices à cette utilisation des laitiers.

III. *Propriétés du ciment de laitier.*

Composition élémentaire. — La composition des ciments de laitiers diffère sensiblement de celle des ciments de portland par une plus faible teneur en chaux et par une valeur plus élevée du total des deux facteurs hydraulisants, la silice et l'alumine. Alors que les portlands se tiennent dans les limites ci-dessous :

SiO ²	21,70 à 23,40
Al ² O ³	7,48 à 6,65
Fe ² O ³	3,57 à 2,75
CaO	65,54 à 61,60
MgO	0,90 à 1,08
SO ²	1,97 à 1,94

les ciments de Choindez ont seulement 54 de chaux et 19,5 de silice, 17,5 d'alumine. Ceux de Brunswick, fabriqués avec du laitier de Harzbourg et une addition de silice gélatineuse, 49,70 de chaux, 25,56 de silice, 11,20 d'alumine. Enfin voici l'analyse de trois échantillons de Donjeux et d'un échantillon de Saulnes (Meurthe-et-Moselle) :

	CIMENTS DE DONJEU			DE SAULNES
	1	2	3	
Sable siliceux	0,25	"	0,25	"
SiO ₂	23,85	24,85	24,55	22,45
Al ₂ O ₃	13,95	12,10	14,05	13,95
Fe ₂ O ₃	4,10	3,85	4,85	3,30
CaO	51,40	49,20	49,25	51,10
MgO	1,95	1,75	1,60	1,35
SO ₃	0,45	1,35	0,60	0,35
S à l'état de sulfure	"	1,30	"	"
Perte au feu	7,05	5,65	7,75	7,50

Caractères physiques. — Le ciment de laitier présente une finesse très grande qui se rencontre cependant à un aussi haut point depuis quelque temps, dans les ciments ordinaires de fabrication soignée.

Les quatre ciments français indiqués plus haut (d'après le laboratoire des ponts et chaussées), les ciments de Brunswick (d'après la station royale d'essais des matériaux de construction de Berlin Charlottenburg), la moyenne des livraisons de Choindez, en 1886, (d'après M. Tetmajer), ont donné comme résidus :

	CIMENTS DE DONJEU			SAULNES	BRUNSWICK	CHOINDEZ
						p 100
Résidu au $\left\{ \begin{array}{l} 900 \text{ mailles.} \\ \text{tamis de } 5.000 \text{ id.} \end{array} \right.$	0,8	0,4	0,0	12,4	0,125	0,2 à 1,0
Poids du litre non tassé.	0 ^{re} ,957	0 ^{re} ,951	0 ^{re} ,923	0 ^{re} ,906	0 ^{re} ,965	13,0 à 17,0

Le ciment de laitier se caractérise également par un poids spécifique absolu et apparent plus faible que les portlands. La densité a varié pour le ciment de Choindez, en 1886, de 2,67 à 2,75 ; elle est seulement de 2,52 pour les ciments du Brunswick. On considère au contraire que la densité du portland ne s'abaisse au-dessous de 2,95, qu'avec des ciments mal cuits ou trop argileux, et on donne à cette caractéristique et au poids spécifique apparent qui en découle, une importance notable. Il est cer-

tain qu'elle n'a de valeur que vis-à-vis des produits de fabrication identiques et qu'elle manque de portée vis-à-vis des ciments de laitiers. On aurait d'autant plus tort de reprocher au ciment de laitier sa légèreté spécifique qu'elle constitue pour lui un avantage, étant donné qu'elle s'accompagne d'une résistance au moins égale à celle des portlands par centimètre carré. Ce qui en résulte directement, c'est en effet qu'on obtiendra des mortiers moins chers avec le même dosage en volume, des mortiers plus imperméables avec le même dosage en poids qu'avec le portland.

Prise. — Le ciment de laitier proprement dit est un ciment lent, dans lequel la prise est régulière et progressive. La durée du temps de prise varie énormément d'un côté avec la température de l'eau et sa quantité, avec la température de l'air, de l'autre avec la méthode d'évaluation employée. J'indiquerai cependant quelques résultats. Les quatre ciments français cités plus haut ont donné au laboratoire de l'École des ponts et chaussées les résultats qui suivent :

	DONJEU			SAULNES
	28 p. 100	26 p. 100	27 p. 100	26 p. 100
Quantité d'eau employée au gâchage.	1 ^h 15 ^m	0 ^h 15 ^m	1 ^h 0 ^m	6 ^h 20 ^m
Début de la prise.	3 0	1 40	2 35	10 0
Fin.				

Avec les laitiers artificiels que j'ai pu préparer, gâchés avec 35 p. 100 d'eau et essayés à l'aiguille Vicat, j'ai constaté (voir le tableau de la page 177), que le temps de prise dépendait comme le durcissement de la composition du laitier et diminuait avec une teneur croissante en chaux et en alumine.

Enfin, j'ai déjà eu l'occasion de parler de l'influence du mode de fabrication, et signalé en particulier ce fait, que par les additions pouzzolaniques, on arrive à activer sin-

gulièrement la prise. L'usine de Donjeux a pu livrer de vrais ciments romains pour des travaux en basse Seine en particulier, où le clapotis des eaux interdisait l'emploi de ciments lents.

Résistance à l'arrachement et à la compression. — C'est encore un des points sur lesquels le mode d'observation a la plus vaste influence. En tous cas, dans les essais comparatifs que j'ai entrepris, les résistances obtenues ont singulièrement dépassé pour les laitiers alumineux et calcaires, celles du Boulogne de qualité supérieure qui m'a servi de terme de comparaison. En effet, avec la plus avantageuse des proportions de chaux grasse employées, les huit laitiers que j'ai étudiés et le Portland pris comme terme de comparaison m'ont donné sous l'eau (Pl. VII).

LAITIER	CHAUX employée pour 100 p. de laitier	RÉSISTANCE A L'ÉCRASEMENT par centimètre carré du mortier normal 1 : 3 après		
		7 jours	28 jours	100 jours
2 SiO ₂ , 0,25 Al ₂ O ₃ , 2,25 CaO.	50 p. Saint-Astier.	kl. 7	kl. 20	kl. 39
2 SiO ₂ , 0,5 Al ₂ O ₃ , 2,5 CaO	24,5 chaux grasse.	18	28	40
2 SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , 3 CaO.	39,5 id.	41	64	69
2 SiO ₂ , 0,25 Al ₂ O ₃ , 3,25 CaO.	0 id.	15	34	48
2 SiO ₂ , 0,5 Al ₂ O ₃ , 3,5 CaO.	0 id.	7	12	66
2 SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , 4 CaO.	33,5 id.	39	56	161
Bilbao	50 id.	6,5	27	39
Marnaval	31 id.	38	86	143
Ciment de Portland de Boulogne.		52	82.	93

Je rappelle d'ailleurs que, pour ne pas allonger des expériences déjà fort longues, les briquettes dans mes essais ont été simplement tassées à la truelle et qu'il faut, d'après ce que j'ai déjà dit, tripler au moins les chiffres de ce tableau pour le comparer aux résultats suivants obtenus en Suisse, en Allemagne et en France.

Il est reconnu que les essais du ciment mélangé avec du sable sont plus rationnels, rendent un bien meilleur compte de la valeur pratique du ciment, que les essais

sur le ciment pur. Un ciment de portland, d'après l'union des fabricants de ciments allemands doit supporter à l'état de mortier normal (1 : 3 en poids), un effort d'au moins 10 kilogrammes à l'arrachement, et en Suisse on demande, pour le même mortier, 15 kilogrammes par centimètre carré après un durcissement de 28 jours sous l'eau. Les chiffres ci-dessous établissent que les ciments de laitier n'ont rien à envier aux meilleurs portland; six échantillons de Choindez, gâchés avec trois parties de sable normal et une proportion de 10 p. 100 d'eau (rapportée au mortier sec), durcis sous l'eau (dans les conditions spécifiées page 168), ont présenté une résistance moyenne en kilogrammes par centimètre carré.

1° A l'arrachement.

Après 7 jours..	17 ¹ / ₄	16 ¹ / ₉	17 ¹ / ₃	14 ¹ / ₉	21 ¹ / ₂	21 ¹ / ₂
Après 28 " ..	35 ¹ / ₄	35 ¹ / ₄	31 ¹ / ₈	33 ¹ / ₉	32 ¹ / ₈	32 ¹ / ₃

2° A la compression.

Après 7 jours..	116 ¹ / ₇	99 ¹ / ₅	110 ¹ / ₅	82 ¹ / ₄	144 ¹ / ₃	116 ¹ / ₆
Après 28 " ..	225 ¹ / ₄	197 ¹ / ₆	236 ¹ / ₂	207 ¹ / ₈	229 ¹ / ₃	238 ¹ / ₄

Poids spécifique apparent des éprouvettes (d'après M. Tetmajer).

2,21 à 2,27.

La moyenne des résultats de l'année 1886, dans les mêmes conditions pour le ciment du Brunswick, à l'arrachement, est tout aussi avantageuse : l'eau de gâchage était de 37 p. 100 du poids du ciment.

	Après 7 jours.	Après 28 jours.
Juin	20,30	28,85
Juillet	17,60	30,13
Août	20,52	29,01
Septembre	19,40	27,45
Octobre	18,76	28,70
Novembre	18,48	28,85

(Commission prussienne).

198 NOTE SUR LA FABRICATION ET LES PROPRIÉTÉS

Un essai particulier, continué pendant une année, toujours sur le mortier normal 1 : 3, a donné :

	7 jours.	28 jours.	365 jours.
Arrachement . .	23,95	30,75	39,43
Compression . .	205,8	262,6	346,2

Enfin à l'air, du mortier normal d'un ciment de Brunswick a donné 17 kilogrammes par centimètre carré au bout de sept jours, 22 kilogrammes au bout de vingt-huit jours, à la station royale de Berlin.

Les quatre ciments français à leur tour se sont comportés aux essais comme suit :

	DONJEU 1		DONJEU 2		DONJEU 3		SAULNES	
	Arrachement	Compression	Arrachement	Compression	Arrachement	Compression	Arrachement	Compression
<i>Ciment pur.</i>								
A l'eau { 7 jours.	22,97	283,3	21,17	244,7-251,3	21,60	207,0	31,48-33,50	280,3-289,0
28 id.	28,70	385,7	26,90-27,30	237,3-321,0	33,70	319,3	36,35-38,73	363,8-377,3
84 id.	32,70	469,0	32,37 "	408,0 "	39,50	374,0		
A l'air { 7 jours.	"	"	" 21,83	" 319,3				
28 id.	"	"	" 31,97	" 368,7				
<i>Mortier normal.</i>								
1 cim., 3 sable.								
A l'eau { 7 jours.	15,50	183,3	9,33-12,40	116,3-161,7	10,57	173,0	15,12-16,10	176,2-184,0
28 id.	28,40	279,3	25,43 29,20	262,0-255,7	17,73	207,7	23,13-24,87	231,2-241,3
84 id.	30,50	332,0	27,53	342 0 "	22,23	280,0		
A l'air { 7 jours.	"	"	" 16,03	" 207,0				
28 id.	"	"	" 23,97	" 256,3				

L'eau de gâchage a été indiquée ci-dessus.

Je rapproche des chiffres ci-dessus les résistances obtenues au même laboratoire des Ponts et Chaussées sur quatre échantillons de portland :

	N° 1		N° 2		N° 3		N° 4		
	Arr.	Compr.	Arr.	Compr.	Arr.	Compr.	Arr.	Compr.	
<i>Ciment pur.</i>		kg.		kg.		kg.		kg.	
A l'eau {	7 jours.	36	367	29	285	26	265	19	166
	28 id.	59	718	49	553	44	500	29	278
	84 id.	55	958	50	796	44	615	30	362
<i>Mortier normal</i> 1 : 3.									
A l'eau {	7 jours.	14	101	12	150	10	140	10	125
	28 id.	22	206	22	245	20	204	18	174
	84 id.	23	223	29	291	24	243	22	201

Encore ces résistances se rapportent-elles à des échantillons envoyés par les fabricants, c'est-à-dire à des échantillons de choix. Pour la moyenne des produits marchands, M. Candlot donne comme résistance par centimètre carré sous l'eau :

	7 JOURS		28 JOURS		84 JOURS	
	Arr.	Compr.	Arr.	Compr.	Arr.	Compr.
Ciment pur	27	230	37	355	45	460
Mortier normal 1 : 3	10	90	15	133	22	166

Ici aussi les ciments de laitiers supportent avantageusement la comparaison.

La résistance des ciments de laitiers augmente en résumé d'une façon progressive. Elle croît d'après les chiffres ci-dessus de 50 à 100 p. 100 du septième au vingt-huitième jour, et d'une façon très notable jusqu'au deux cent-dixième jour (voir également Pl. VII, *fig.* 1 à 8). On peut compter sur une résistance à la traction de 20 à 30 kilogrammes au centimètre carré, au bout de vingt-huit jours, non seulement pour le ciment pur mais pour le mortier normal, qui semble se comporter aussi bien, sinon mieux que le précédent, dans ces conditions d'essais.

A la compression il n'en est pas tout à fait ainsi, mais la résistance du mortier est encore égale à sept ou huit fois la résistance à l'arrachement, si elle est inférieure à celle du ciment pur.

Conditions nécessaires au bon emploi des ciments de laitiers. — L'emploi des ciments de laitiers dans les constructions mérite cependant quelques remarques, et demande certaines précautions. C'est avant tout un produit hydraulique, auquel l'eau est nécessaire, non pas seulement comme dans les portlands pour permettre la dissolution et la cristallisation de composés formés, mais encore pour dissoudre la chaux d'addition et lui permettre de réagir sur la silice et l'alumine. L'eau n'interviendra, autant que possible naturellement, qu'après le gâchage et la prise du ciment, bien que des bétonnages sous l'eau aient établi que le ciment de laitier ne le cédait en rien dans ces conditions aux ciments ordinaires; mais il est important que l'eau intervienne dans les premiers jours du durcissement. M. Tetmajer l'établit par de nombreux essais. Nous rapporterons seulement le suivant :

Mortier normal 1:3 en poids avec du ciment de Choix, en 1886.

MODE DE CONSERVATION	7 JOURS		28 JOURS	
	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion
Sous l'eau.	21,2	116,6	32,3	238,4
7 jours sous l'eau, le reste à l'air.	"	"	25,5	229,8
4 id. id.	19,6	116,3	22,4	197,8
2 id. id.	18,6	133,7	22,1	198,2
1 id. id.	18,3	139,2	23,0	201,0
A l'air.	15,0	105,1	18,3	164,3

La conséquence est, qu'au cas de l'emploi du ciment de laitier à l'air, il faut le maintenir humide après sa confection, l'arroser au moins dans les premiers jours. Si l'eau qu'il contient disparaît par évaporation, le durcis-

sement paraît à jamais compromis. L'application de ce produit aux maçonneries exposées aux rayons du soleil, aux alternatives de sécheresse et d'humidité, est peu recommandable, non seulement par suite de l'évaporation de l'eau qu'il contient, mais encore à cause du fendillement que le retrait irrégulier qui accompagne cette évaporation détermine.

C'est en effet un des inconvénients des ciments de laitier : à l'air ils sont plus sujets que les portlands au fendillement, surtout le ciment pur ; car dans le mortier, le sable, par sa présence, diminue le retrait et atténue cette tendance. Mais sous l'eau, on ne constate pas du tout ce phénomène. M. Tetmajer prétend, avons-nous dit, que la tendance au fendillement croît avec la quantité d'alumine contenue dans le laitier, et avec la quantité de chaux d'addition dans le ciment. Nous avons déjà remarqué que rien dans nos expériences ne pouvait faire présumer l'influence défavorable d'une trop grande quantité d'alumine et que ce n'est pas l'opinion généralement admise. Il est un autre point sur lequel l'accord est plus complet, c'est sur la nature de la chaux ; la chaux maigre substituée à la chaux grasse diminue, comme nous l'avons dit, la tendance au fendillement à l'air.

Enfin, à l'influence de la nature de la chaux, il faut en ajouter une autre, constatée d'ailleurs depuis longtemps pour les ciments ordinaires, celle du travail auquel a été soumis le mortier. Plus la surface a été polie à la truelle ou à la planche à lisser, plus on en a fait exsuder l'eau, plus on favorise le fendillement ; un enduit de lait de ciment agit de même ; tandis qu'un mélange de ciment et sable bien damé, mais peu mouillé, bouchardé ou piqueté au pinceau pour en rendre la surface rugueuse, résistera beaucoup mieux.

La présence du soufre, dans le ciment, n'a pas la moindre influence pour sa conservation sous l'eau, si ce

n'est le petit inconvénient de lui communiquer une teinte verdâtre qui disparaît à l'air. Mais à l'air il en est autrement très probablement ; peut-être le soufre intervient-il plus que l'alumine dans le fendillement. Au moins, pour les laitiers très sulfureux, l'emploi de leurs ciments à l'air doit mériter quelques réserves.

Enfin, un dernier inconvénient des ciments de laitiers est, qu'après leur durcissement, ils semblent moins durs que les portlands et résistent moins bien à l'usure par frottement. Les mélanges gras cependant, depuis 1 à 2 de sable pour 1 de ciment, sont suffisamment résistants pour être employés en dallages, et donnent des résultats satisfaisants si, par un travail convenable, on les assure contre le fendillement en les malaxant avec très peu d'eau et les pilonnant fortement avec un pilon en bois garni de tôle pour empêcher le mortier de coller, d'après M. Henry, ou en y damant du gravier cassé à la surface, d'après M. Bosse, pour obtenir un béton qui, s'il est régulier, n'a rien de désagréable à la vue. Les mélanges maigres et le ciment pur résistent moins bien à l'usure.

Après avoir ainsi constaté les inconvénients des ciments de laitier, il est juste de reconnaître leurs qualités. Ils ne sont pas sensibles à la gelée, surtout s'ils n'y sont exposés qu'après leur prise. Une élévation de température au moins dans certaines limites, favorise leur durcissement, comme l'a constaté M. Tetmajer, comme l'établissent les résistances de la *fig. 2*, Pl. VIII. M. Tetmajer a trouvé que l'influence de l'étuvage à sec était maxima à la température de 75 degrés. Une carbonatation plus complète de la chaux par l'acide carbonique de l'étuve a dû jouer un rôle, d'après l'explication du savant professeur suisse. Il est probable aussi que l'élévation de température a activé les réactions et favorisé la formation et le durcissement des composés hydrauliques, mais

qu'à partir de 75 degrés, la déshydratation des sels a largement compensé cet effet.

Les ciments de laitiers se conservent facilement sans rien perdre de leurs qualités, d'après MM. Bosse et Larsen. Un ciment resté quinze mois dans un sac de papier, dit M. Grosclaude, exposé par conséquent à toutes les variations de l'atmosphère, n'a donné à M. Larsen, par rapport au ciment récemment fabriqué, que des différences insignifiantes.

Un dernier élément à examiner est l'influence du travail de fabrication du mortier. M. Tetmajer la précise par une série d'essais sur du ciment pur et du mortier normal 1 : 3 et gâchés : 1° avec la quantité d'eau nécessaire pour arriver à la consistance normale de la terre humide fraîchement remuée ; 2° dans un état d'humidité telle que le malaxage devenait plus difficile par suite de l'eau interposée ; 3° à l'état fluide, tout battage étant impossible, les briquettes étaient coulées.

	POIDS spécifique des briquettes	7 JOURS		28 JOURS		84 JOURS		210 JOURS	
		Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion	Arrache- ment	Compres- sion
<i>Ciment pur.</i>									
Sous l'eau :									
Avec 25,0 % d'eau.	1,90-1,99	17,0	138,3	27,0	270,1	32,0	434,7	32,1	451,0
31,5 id.	1,88-2,00	19,4	168,4	31,4	319,4	36,5	450,0	33,8	513,3
38,0 id.	1,87-2,03	19,0	153,7	28,6	266,3	33,1	430,6	33,1	444,9
7 jours sous l'eau, le reste à l'air :									
Avec 25,0 % d'eau.	1,79-1,87	"	"	24,0	314,3	24,9	311,2	24,3	297,5
31,5 id.	1,79-1,85	"	"	23,4	322,5	21,0	328,1	28,6	331,8
38,0 id.	1,74-1,90	"	"	27,9	293,0	20,9	280,8	28,7	308,7
<i>Mortier normal.</i>									
1 cim. : 3 sable.									
Sous l'eau :									
Avec 11,0 % d'eau.	2,22-2,25	18,1	112,5	31,9	219,4	33,5	288,3	37,0	321,9
14,5 id.	2,17-2,22	13,5	77,5	28,7	179,1	29,8	238,7	35,1	267,5
18,0 id.	2,17-2,19	10,6	58,0	26,4	155,8	30,3	189,8	32,8	195,5
7 jours sous l'eau, le reste à l'air :									
Avec 11,0 % d'eau.	2,18-2,16	"	"	32,3	238,3	33,3	265,0	33,1	292,8
14,5 id.	2,03-2,16	"	"	26,3	194,1	26,5	189,8	30,5	201,5
18,0 id.	1,99-2,05	"	"	26,6	160,2	24,9	167,3	28,0	159,7

204 NOTE SUR LA FABRICATION ET LES PROPRIÉTÉS

Il y a là, comme dans tout ciment, non seulement l'influence du travail du mortier et du rapprochement plus ou moins intime des éléments chaux, laitier, sable, qui doivent réagir l'un sur l'autre, mais aussi celle de l'eau employée au gâchage dont l'excès reste emprisonné et forme des solutions de continuité dans le mélange. M. Bosse, à la suite de recherches analogues par la station royale prussienne, conseille de limiter l'eau de gâchage en poids à :

21,0	%	du poids du ciment pour les mortiers de ciment pur,	
26,8	»	»	de 1 cim., 1 sable,
32,6	»	»	de 1 cim., 2 sable,
37,0	»	»	de 1 cim., 2,75 sab.

C'est peut-être, pour le ciment pur au moins, une quantité un peu faible. Le laboratoire de l'Ecole des ponts et chaussées fixe à 26 p. 100 la quantité d'eau à employer pour arriver avec le ciment de Saulnes à une pâte de bonne consistance. Dans la table précédente, M. Tetmajer fixe également à 25 p. 100 l'eau de gâchage du ciment pur. Il est vrai qu'il s'agit toujours ici des essais de laboratoire.

En tous cas, étant donnée la légèreté spécifique des ciments de laitier, ils exigent une proportion d'eau en volume moindre que les portlands. Leurs mortiers offrent d'ailleurs une plasticité beaucoup plus grande, et sont notablement plus gras que ceux des ciments ordinaires. C'est encore une raison qui permet de les diviser par une moindre quantité d'eau, au grand avantage de la résistance.

Rendement en mortiers. — Le ciment de laitier au mètre cube ne pèse guère que 1.060 à 1.100 kilogrammes, alors que le portland atteint 1.300 à 1.350. Mais d'après les essais de la station royale de Berlin, avec le même dosage en volume, on obtient des mortiers à peu près également compacts, alors que le dosage en poids

sera par suite beaucoup plus faible. Avec le sable normal, la limite des mortiers imperméables tassés est à peu près de 1 de ciment pour 2,75 de sable en poids, alors que pour le portland elle s'abaisse à 1 : 2,27.

Or, l'imperméabilité des mortiers est souvent intéressante à considérer, non seulement dans les travaux étanches, mais on sait, au point de vue de leur résistance à l'eau de mer, le rôle important qu'elle joue. D'un autre côté, l'industrie peut ou pourra livrer le ciment de laitier à un prix très modique ; il en résulte une économie des plus notables au point de vue du prix des mortiers.

Les essais non plus avec le sable normal, mais avec un sable de maçonnerie ordinaire, passablement fin, qui contenait au sortir de la carrière au mètre cube 1.318 kilogrammes de sable sec et 60 kilogrammes d'eau, et qui se laissait réduire à 0^m3,750 par le pilonnage, ont donné avec le ciment de Brunswick, à la station royale d'expériences, comme matériaux nécessaires pour 1 mètre cube de mortier tassé :

DOSAGE EN VOLUME	DOSAGE EN POIDS	VOLUME NON TASSÉ
1 1/5 ciment. 1 sable	933 ^{rs} ciment. 960 sable	0 ^m 3,875 ciment, 0,729 sable
1 1/5 id. 2 id.	617 id. 1.332 id.	0 ,606 id. 1,021 id.
1 1/5 id. 3 id.	497 id. 1.535 id.	0 ,469 id. 1,165 id.
1 1/5 id. 4 id.	394 id. 1.625 id.	0 ,369 id. 1,233 id.
1 1/5 id. 5 id.	326 id. 1.681 id.	0 ,306 id. 1,276 id.
1 1/5 id. 6 id.	272 id. 1.682 id.	0 ,255 id. 1,277 id.

Le mortier imperméable limite est ici 1,20 de ciment pour 2,43 de sable. Pour plus de sécurité, on peut s'en tenir à 1,20 de ciment pour 2 de sable.

Avec le mortier 1 : 2, le béton imperméable correspond par mètre cube au dosage :

Ciment	374 kilogr. en poids, soit 350 litres en volume	} 575 ^{rs} res de mortier
Sable	767 id. 582 id.	
Pierre cassée. 833	id. 833 id.	

Le ciment de Choindez, qui occupe, d'après M. Tetmajer,

608 centimètres cubes de volume réel par kilogramme, mélangé avec le sable de construction de Zurich qui pèse 1^k,55 le litre, exige par mètre cube de mortier les additions de sable, variables suivant le dosage, que donne le tableau suivant :

DOSAGE en volume		DOSAGE en poids		LITRES de mortier donné par 1 litre de sable	CIMENT		SABLE en mètres cubes
Ciment	Sable	Ciment	Sable		en mètres cubes	Sacs à 50 kilogr.	
1	1,0	1	1,6	1,283	0,78	16	0,78
1	1,5	1	2,3	1,134	0,59	12	0,83
1	2,0	1	3,1	0,987	0,51	10 1/2	1,01
1	2,5	1	3,9	0,926	0,43	8 3/4	1,08
1	3,0	1	4,7	0,853	0,39	8	1,17

Un mètre cube de béton 1 : 8 avec du mortier 1 : 2 en poids et des cailloux roulés a exigé 8^m³,914 de gravier, 0^m³,360 de sable et cinq sacs de ciment.

En résumé, l'emploi du ciment de laitier est discutable, s'il est exposé à l'air à des alternatives de soleil et d'ombre, de sécheresse et d'humidité, si le laitier qui en est la base est par trop sulfureux. Mais comme mortier hydraulique et pour les constructions souterraines en grande masse, pour tous ces usages où l'on emploie des quantités considérables de portland, il est appelé sous peu à entrer en lutte avec ce dernier, avec l'énorme avantage que lui donne son prix moitié moins élevé. On l'a déjà appliqué aux fondations et soubassements de bâtiments, de machines, aux murs de soutènement, de quais, aux fondations de piles de ponts, aux barrages et aux constructions hydrauliques de toutes sortes, il s'y est admirablement comporté, et n'a jamais présenté depuis 5 ou 6 ans, date des premiers essais, la moindre défaillance.

Cette utilisation des laitiers a déjà pris en Allemagne

une extension rapide. L'Angleterre dans le Cleveland surtout, la France, le Danemark et la Suisse imitent cet exemple. La matière première est abondante, 5 à 600.000 tonnes de laitiers propres à cet usage encombrent annuellement les usines françaises. Les mieux situées d'entre elles, celles qui disposent d'une force hydraulique à bon marché notamment, trouveront dans ce produit un concurrent des plus redoutables à opposer aux ciments ordinaires.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION. — De l'utilisation des laitiers	158
I. — DES ÉLÉMENTS DU CIMENT DE LAITIER.	162
Influence de la granulation du laitier	163
Influence de la basicité du laitier.	167
Influence de la pulvérisation du laitier.	176
De l'addition de chaux.	177
II. — FABRICATION DU CIMENT DE LAITIER.	179
Granulation.	180
Dessiccation	181
Pulvérisation.	183
Blutage.	187
Homogénéisation. Additions pouzzolaniques.	187
Consistance des usines.	189
Prix de revient.	191
III. — PROPRIÉTÉS DES CEMENTS DE LAITIERS	193
Composition.	193
Caractères physiques.	194
Prise	195
Résistance.	196
Conditions nécessaires au bon emploi	200
Rendement en mortiers.	204
CONCLUSION	206

LA GARANTIE D'INTÉRÊTS

ET SON APPLICATION, EN FRANCE,

A L'EXÉCUTION DES TRAVAUX PUBLICS(*)

Par M. COLSON, Ingénieur des ponts et chaussées,
Maître des requêtes au Conseil d'Etat.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

On s'est souvent préoccupé, dans ces dernières années, de l'accroissement des charges incombant à l'État par le jeu de la garantie d'intérêts accordée aux entreprises de travaux publics. L'importance des sommes que le Trésor a dû avancer à cinq des six grandes compagnies de chemins de fer a vivement frappé les financiers et les hommes d'État. Les polémistes se sont emparés de ce fait pour en tirer un grief contre les auteurs des conventions de 1883, bien que ces conventions, comme nous le verrons, n'aient exercé jusqu'ici qu'une influence tout à fait secondaire sur le montant des avances annuelles réclamées par les compagnies avec lesquelles elles ont été conclues. Le développement incessant des engagements de l'État envers

(*) La Commission des *Annales des mines* ayant décidé de faire imprimer dans son recueil notre mémoire inséré dans les *Annales des ponts et chaussées* (décembre 1888), nous avons mis ce mémoire à jour, d'après les comptes rendus des résultats de l'exploitation de 1888, aujourd'hui connus.

les compagnies secondaires de chemins de fer, tant en France qu'en Algérie, ou même envers les concessionnaires d'entreprises autres que les chemins de fer, doit être, à notre avis, un sujet de préoccupation au moins aussi sérieux. C'est, en effet, devenu un axiome aujourd'hui, qu'une émission de titres pour l'exécution de travaux publics ne peut être tentée avec succès sans l'appât d'une garantie d'intérêts, et qu'en conséquence toute demande de concession implique la demande de cette garantie.

L'objet de la présente étude est d'essayer de donner une idée des charges qui pourront incomber au Trésor, par l'effet des engagements déjà pris; de rechercher les règles de conduite à adopter, pour éviter l'accroissement indéfini de ces charges, vis-à-vis tant des entreprises existantes que de celles pour lesquelles la garantie de l'État sera réclamée à l'avenir; enfin, d'examiner les conditions nécessaires pour que la concession avec garantie d'intérêt constitue un système rationnel d'exécution des travaux publics.

Notre travail sera divisé en deux parties principales, dans lesquelles nous étudierons le jeu de la garantie d'intérêts, d'abord pour les grandes compagnies de chemins de fer, ensuite pour les entreprises secondaires de toute espèce. Bien que, dans ces deux cas, la nature du contrat passé avec l'État paraisse la même, le but poursuivi par les concessionnaires est presque toujours essentiellement différent, et la disparité absolue des perspectives financières entraîne, dans les clauses des conventions, des divergences qui leur donnent des caractères économiques absolument opposés. Comme nous le verrons, en effet, vis-à-vis des grandes compagnies, l'État, en principe, s'est porté garant de la réalisation de recettes sur lesquelles on avait lieu de compter; les sommes qu'il avance lui seront remboursées, selon toute probabilité; elles

sont calculées d'après le montant des charges réelles de l'entreprise, et celle-ci ne doit donner un accroissement de dividende aux actionnaires que quand le développement du trafic produira des bénéfices réels. Pour les petites compagnies, au contraire, l'espoir de voir les entreprises garanties couvrir leurs charges est, en général, sinon absolument chimérique, du moins à échéance si lointaine qu'il n'entre guère dans les prévisions; aussi ne peut-on attendre des concessionnaires qu'ils ajournent leurs perspectives de gain jusqu'à l'époque où le trafic seul donnerait des bénéfices. Ces concessionnaires introduisent donc, presque toujours, dans les traités, des forfaits pour les frais de construction, pour ceux d'exploitation, pour le taux d'intérêt des emprunts, et c'est dans les économies qu'ils peuvent réaliser par rapport à ces forfaits, que se trouvent pour eux les avantages de l'entreprise.

Nous voulons essayer de montrer quelles sont les conséquences de ces différences caractéristiques dans le jeu de la garantie d'intérêts. Pour cela, nous n'entrerons pas dans le détail historique ou juridique des clauses des conventions. La question des rapports financiers de l'État et des compagnies a été magistralement traitée, d'abord par M. Aucoc, puis avec plus de détails par M. Picard, et nous n'avons la prétention de rien ajouter à ce qui a été dit, avec l'autorité qui leur appartient, par les éminents présidents de la section des travaux publics et de la commission de vérification des comptes des chemins de fer. Nous voulons seulement essayer de mettre en relief les conséquences financières et économiques des faits les plus récents; et pour y arriver, nous n'avons à nous appuyer que sur les traits généraux des conventions, sans entrer dans le détail des textes ou de la jurisprudence. Sans doute, les clauses complexes, nécessaires pour répondre à la complexité des questions à régler,

exercent une influence considérable sur la détermination précise du chiffre de la garantie afférente à chaque année et offrent, à ce titre, un intérêt de premier ordre. Mais ce sont seulement les principes généraux des conventions qui établissent le lien entre le mouvement ascendant ou descendant de la garantie d'intérêts, d'une part, et les circonstances économiques ou les actes législatifs et administratifs qui influent sur le développement du trafic, d'autre part; par suite, ce sont ces principes généraux seuls que nous aurons à invoquer dans les deux parties de notre travail. Mais avant d'en aborder l'examen, il nous paraît utile de rappeler sommairement les raisons qui motivent et justifient les garanties, ainsi que les principaux inconvénients qu'elles peuvent entraîner.

Motifs qui justifient les garanties d'intérêts.

— Comme le montrent les études historiques que nous citons tout à l'heure, l'idée de donner, au nom de l'État, une garantie d'intérêts pour l'exécution des chemins de fer, est née presque aussitôt que celle de concéder ces voies nouvelles, et, dès que le réseau français a commencé à prendre un certain développement, on en a vu des applications. Cette mesure est, en effet, la seule qui, dans un pays où les capitaux sont généralement prudents, permette d'associer largement l'industrie privée à l'exécution de grands travaux publics. Ces grands travaux absorbent des sommes trop considérables pour qu'il soit possible aux financiers qui ont étudié une affaire et qui la connaissent, ou sont censés la connaître, de trouver ces sommes dans leur fortune ou dans leur crédit personnel. Il faut donc faire appel au public par des émissions de titres de nature diverse, répondant aux divers besoins : actions, dont le porteur s'associe à l'entreprise et participe à ses chances, bonnes ou mauvaises; obligations, pour les capitalistes plus prudents qui, au lieu d'entrer dans la

société concessionnaire, veulent simplement devenir ses créanciers. Mais l'obligataire lui-même court des risques, puisque la valeur de sa créance est subordonnée à la solvabilité de la compagnie débitrice. Comment trouver, en nombre suffisant, des souscripteurs ayant foi dans une affaire nécessairement aléatoire, ayant pris connaissance de ses perspectives de gain et des risques qu'elle présente? Pour réaliser des sommes se chiffrant, pendant de longues périodes, par centaines de millions chaque année, il fallait nécessairement obtenir le concours de toutes les classes du public, notamment de la petite épargne, qui fait la fortune et la force de la France. Attirer cette épargne par l'appât des primes et des gros intérêts, c'était grever les entreprises de chemins de fer de charges écrasantes. Dès lors, il ne restait qu'un moyen d'atteindre le but, c'était de faire de l'obligation de chemin de fer le placement sûr, le placement du père de famille et, pour cela, de lui donner la solidité de la valeur la plus prisée, le titre de rente sur l'État.

Il faut remarquer, d'ailleurs, qu'en prêtant son crédit aux compagnies de chemins de fer, l'État sert ses propres intérêts, et non des intérêts privés. Dans notre organisation politique et administrative, c'est à l'État qu'incombe l'exécution des grands travaux publics. A défaut de concessionnaires, il devrait entreprendre ces travaux à son propre compte. Lors même qu'une compagnie se présente pour en prendre la charge, c'est l'État qui les concède, et il est toujours, dans une certaine mesure, l'associé du concessionnaire. Il stipule certains avantages pour les services publics, notamment pour le service postal, pour les transports militaires, etc. Si les prévisions de recettes sont inférieures aux charges probables, il donne une subvention. Si, au contraire, on lui demande la concession d'une ligne vraisemblablement très lucrative, il met comme condition l'adjonction d'une autre ligne qui eût

été onéreuse pour lui. L'État est donc directement intéressé à ce que les charges de toute entreprise de ce genre soient aussi minimales que possible, afin de pouvoir donner moins et demander plus à ceux qui la prennent à leur compte; il est par suite très intéressé à ce que les travaux publics, même concédés, s'exécutent avec de l'argent à bon marché.

Le public lui-même y trouve un avantage considérable; car tout ce qui diminue les charges financières incombant au concessionnaire permet de lui imposer de nouvelles obligations consistant, soit en exécution de travaux utiles et peu rémunérateurs, soit en améliorations du service, soit en abaissements des tarifs. Or, de toutes les manières de diminuer ces charges financières, la moins onéreuse sans contredit, c'est d'augmenter le crédit du concessionnaire, puisque par le seul fait de cette augmentation de son crédit, sans lui verser la moindre somme, l'État lui procure les mêmes avantages qu'en faisant des sacrifices pécuniaires sérieux. Donner les moyens de placer des obligations d'un même type à 400 francs au lieu de 300 francs, c'est faire autant pour une compagnie que si on lui accordait une subvention de 25 p. 100; c'est faire beaucoup plus que si on l'autorisait à relever ses tarifs de 25 p. 100, puisque ce relèvement serait inévitablement compensé en partie par une diminution de trafic.

La garantie de l'État donnée aux emprunts contractés par une compagnie de chemins de fer constitue donc un excellent moyen d'obtenir, à aussi bon marché que possible, un bon service sans tarifs excessifs. Appliquée au revenu des actions, la garantie se comprend moins; car l'actionnaire n'est pas seulement un créancier du concessionnaire, il est le concessionnaire lui-même. C'est lui qui se charge de l'affaire; il devrait donc l'avoir étudiée, la connaître et avoir confiance en elle. Il profitera des

gros bénéfices en cas de succès; il est juste que, par contre, il coure les chances de pertes. Cependant, il est des circonstances diverses qui expliquent et justifient l'extension de la garantie au capital-actions.

D'abord, toutes les fois que l'on reconnaît la nécessité d'établir des voies ferrées nouvelles dans la région desservie par un réseau déjà constitué, il est naturel d'appeler le concessionnaire de ce réseau à concourir à la création des lignes qui serviront d'affluents aux grandes artères préexistantes et augmenteront leur trafic. La manière la plus simple de réaliser ce concours et d'obtenir, dans l'exploitation des diverses lignes, un accord indispensable à la bonne organisation du service public, c'est de réunir les nouvelles concessions aux anciennes. Mais naturellement, une compagnie en possession d'une affaire lucrative ne consent à y ajouter des entreprises nouvelles, dont les perspectives de bénéfices sont moindres, qu'autant qu'elles ne compromettent pas sa situation. On est ainsi conduit à garantir aux actionnaires le revenu acquis, ou bien, ce qui revient au même, à les autoriser à prélever ce revenu sur les bénéfices, avant d'affecter ceux-ci au service des obligations qui doivent être émises, avec la garantie de l'État, pour l'exécution des lignes à faible revenu.

Même lorsqu'il s'agit de compagnies nouvelles, on est souvent amené à accorder une garantie aux actions, afin de rendre possible le placement de ces titres dans le public avant que l'ouverture des lignes ait permis d'en apprécier le rendement, ou bien encore, lorsque ce rendement doit être évidemment insuffisant pour assurer au début un dividende représentant l'intérêt de l'argent. Le public, en effet, prend très difficilement, même avec les chances de bénéfices qu'offrent les actions, une masse un peu importante de titres sans garantie. Or il est impossible de compter sur les fondateurs d'une compagnie nouvelle

pour fournir, sans appel au public, le capital-actions ; car il est indispensable que ce capital représente une fraction très notable de la dépense totale d'établissement, et c'est là un point sur l'importance duquel on ne saurait trop insister.

Les hommes d'affaires qui constituent les compagnies ont une tendance naturelle à augmenter la quantité proportionnelle d'obligations, en diminuant le nombre des actions. En effet, plus le capital-actions, dont le revenu dépend du plus ou moins de succès de l'entreprise, représente une faible part des sommes totales qui y sont engagées, plus aussi ceux qui fournissent ce capital ont de chances de réaliser de beaux bénéfices, en ne risquant que de faibles sommes. Mais, précisément par la même raison, les pouvoirs publics ont toujours tenu à ce qu'une fraction importante, souvent la moitié, des fonds nécessaires pour la construction, fût versée par les actionnaires ; car, si la presque totalité de ces fonds est fournie par les obligataires, le moindre mécompte entraîne l'insolvabilité du concessionnaire, avec tout un cortège d'embarras et de difficultés qui compromettent l'achèvement du réseau ou qui, s'il est achevé, en rendent l'exploitation très défectueuse.

Supposons, pour fixer les idées, une ligne évaluée à 100 millions, ayant un revenu net, certain ou garanti, de 5 millions. Si les obligations représentent 80 millions et absorbent, par exemple, 4 millions pour leur service annuel, il suffira que le revenu, dépassant légèrement le minimum, monte à 6 millions, pour donner 10 p. 100 aux actionnaires et permettre une spéculation très fructueuse. Mais, par contre, que des circonstances imprévues augmentent d'un tiers la dépense d'établissement, soit avant, soit après l'ouverture des lignes, sans qu'il se soit produit de plus-values de recettes, le revenu assuré devient insuffisant pour gager un emprunt nouveau, et l'exécution

des travaux indispensables se trouve impossible. Si, au contraire, avec les mêmes prévisions de dépenses, le capital-actions a été fixé à 50 millions, le service des emprunts primitivement prévus n'absorbe que 2 millions et demi, et l'on peut, si les circonstances l'exigent, contracter des emprunts nouveaux, en donnant comme garantie le revenu d'abord destiné aux actions. Le dividende subit alors une réduction, sans que l'existence de la Compagnie, ni la bonne exécution des services dont elle s'est chargée, se trouvent compromises.

Il est donc de bonne administration de n'accorder des concessions qu'à des sociétés qui constituent un capital-actions relativement élevé, et, pour permettre la formation d'un pareil capital, on est conduit à lui appliquer, au moins dans une certaine mesure, la garantie d'intérêts.

Dangers que présentent les garanties complètes. — Mais alors on se heurte à un écueil bien difficile à éviter, et qui est le danger véritable de toutes les combinaisons basées sur une garantie donnée par l'État; cet écueil, c'est la fixité du dividende, qui désintéresse le concessionnaire de la prospérité de l'entreprise dont il a la gestion. Si l'on garantit d'une manière complète et absolue aux actionnaires un certain revenu, on leur ôte toute crainte de perte dans le cas où l'affaire qu'ils ont prise en mains marcherait mal. Que, d'un autre côté, les chances d'avenir ne soient pas assez belles pour rendre probable la réalisation d'un revenu supérieur à celui qui est garanti, tout espoir de bénéfices leur est également enlevé; dès lors, l'exploitation des lignes se trouve confiée à une société commerciale qui, en fait, la gère pour le compte de l'État. Dans ce cas, c'est l'État seul qui a intérêt à ce que les recettes soient aussi élevées et les dépenses aussi faibles que possible, afin que les sommes à verser annuellement en raison de la garantie d'intérêt

n'atteignent pas un chiffre trop considérable. Mais les pouvoirs publics n'ont, sur la gestion de l'entreprise, qu'un droit de contrôle, suffisant sans doute, avec notre organisation, pour empêcher les fautes trop lourdes et l'excès de la négligence, mais évidemment impuissant à imprimer aux agents le zèle, la vigilance, l'esprit d'initiative nécessaires à la prospérité de toute affaire commerciale.

En réalité, dans des conditions pareilles, on réunit à la fois tous les inconvénients de l'exploitation par l'État et de l'exploitation par des concessionnaires. On peut discuter longtemps sur les mérites respectifs de ces deux systèmes : d'un côté, l'intérêt privé apporte dans la gestion des compagnies un stimulant d'une puissance sans égale; d'un autre côté, les agents de l'État, dans les corps bien recrutés, prennent, par leur qualité même de fonctionnaires, une préoccupation habituelle de l'intérêt public dont l'expérience montre les heureux effets dans nos grands services administratifs, tandis que les perspectives d'avancement ou de distinction s'ajoutent à ce sentiment du devoir pour exciter et soutenir leur zèle. Nous n'avons pas à nous prononcer ici entre les deux opinions qui se trouvent en présence partout où il existe des chemins de fer. Mais il est incontestable que, de tous les systèmes possibles, le plus mauvais est l'exploitation par une sorte de régie désintéressée, qui opère pour le compte de l'État, sans dépendre directement de lui; qui n'a pas d'intérêt privé à bien gérer, et qui n'a cependant pas été constituée en vue de servir l'intérêt public; enfin, dont tous les agents voient leur carrière dépendre d'un conseil d'administration à qui la bonne marche du service est nécessairement assez indifférente.

C'est cependant à ce régime que peuvent aboutir les garanties d'intérêts basées sur des calculs mal établis ou sur des conventions mal faites, donnant à la fois

une garantie absolue contre les pertes, et peu de chances de bénéfices. Les demandeurs en concession, préoccupés avant toute chose de constituer facilement leur capital, insistent surtout, en général, pour avoir une garantie absolue. Les pouvoirs publics, d'autre part, admettent difficilement qu'on laisse de belles perspectives de gain aux concessionnaires d'une affaire dont l'État prend à son compte les mauvaises chances. C'est ainsi que, dans la discussion des traités de concession, une tendance naturelle des deux parties contractantes les porte constamment à se rapprocher d'une situation essentiellement propre à amener une mauvaise exploitation et, par suite, un véritable gaspillage de la fortune publique. Pour que le régime des concessions avec garantie d'intérêts donne de bons résultats, il faut que la garantie ne désintéresse pas le concessionnaire de la prospérité de l'affaire, et pour cela, qu'elle laisse subsister une possibilité soit de perte en cas de mauvaise gestion, soit de gain par l'effet d'une habile administration; il est indispensable que, tout au moins l'une de ces perspectives, à défaut de toutes deux, reste ouverte pour servir de stimulant au zèle de la compagnie.

On ne saurait trop y insister : lorsqu'une garantie complète a été accordée pour les cas de pertes, l'État lui-même est intéressé, au premier chef, à ce que les chances de bénéfices restent assez belles pour qu'un accroissement futur des dividendes ne soit pas chimérique; c'est en effet pour lui la seule manière d'être assuré qu'une affaire dont les pertes retombent à sa charge sera bien gérée. Du moment où l'exploitation d'un réseau est placée entre les mains d'une compagnie, le contrôle le plus minutieux, le droit d'intervention le plus étendu dans la gestion de cette compagnie sera infiniment moins efficace que l'intérêt propre des actionnaires, pour prévenir les gaspillages et les négligences. Le contrôle peut réprimer des

abus criants ; mais, pour donner la certitude qu'une compagnie administre de son mieux, toutes les vérifications du monde ne valent pas une convention qui fait dépendre de sa bonne gestion, au moins dans une certaine mesure, le montant du dividende annuel.

Les réflexions qui précèdent, dans lesquelles nous avons pris pour exemple le cas des chemins de fer d'intérêt général, le plus fréquent en pratique, s'appliquent aussi bien à toutes les autres entreprises de travaux publics jouissant d'une garantie d'intérêts donnée par l'État ou par les départements. Elles font voir la nécessité de suivre constamment d'un œil vigilant la situation des compagnies auxquelles cette garantie a été accordée, de manière à s'assurer que les intérêts des concessionnaires restent d'accord avec ceux de l'État ou des départements pour prévenir la baisse des recettes et l'augmentation des dépenses, qui grèveraient lourdement les finances publiques. C'est de cette situation, à l'époque actuelle, que nous allons tenter de nous rendre compte dans la mesure où le permettent les documents livrés à la publicité. Nous chercherons à montrer dans quelle mesure les différents systèmes de conventions en vigueur répondent aux desiderata que nous venons de formuler, comment les faits postérieurs à ces conventions sont venus, dans bien des cas, modifier les prévisions servant de base à celles qui avaient été les mieux étudiées, et quels enseignements on en peut tirer pour l'avenir.

LE JEU DE LA GARANTIE D'INTÉRÊTS

A L'ÉGARD DES GRANDES COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER.

Caractères généraux des conventions de 1859. — Pour bien comprendre les faits qui ont amené la situation actuelle des grandes compagnies, c'est aux conventions de 1859 qu'il faut remonter, puisque ce sont ces conventions qui ont fondé le régime encore en vigueur aujourd'hui dans ses traits généraux, malgré d'assez nombreuses modifications. On connaît les circonstances qui ont fait naître ces conventions : formées, dans les années précédentes, par la fusion des compagnies concessionnaires des divers tronçons de chemins de fer alors existants, les six compagnies du Nord, de l'Est, de l'Ouest, de Paris à Lyon et à la Méditerranée, d'Orléans et du Midi, avaient trouvé, dans l'exploitation des grandes artères ainsi réunies dans leurs mains, la source de très beaux bénéfices. Le public se disputait leurs titres, et l'élévation des dividendes justifiait cette faveur, à laquelle cependant la spéculation n'était pas étrangère. Encouragées par le succès, les Compagnies avaient pris des concessions nouvelles, donnant à leurs réseaux une extension considérable : de 1851 à 1857, l'étendue des lignes concédées, en exploitation ou à construire, avait été portée de 4.000 kilomètres à 16.000. Tout à coup, comme il arrive nécessairement quand la spéculation s'est emparée de valeurs même très solides, à un engouement excessif succéda une panique absolument exagérée. La crainte de voir les lignes nouvelles absorber des capitaux énormes, et ne donner que des recettes minimales, enleva aux compagnies la confiance du public, et on dut reconnaître qu'il serait impossible de réaliser les émissions de titres nécessaires pour l'achèvement des divers réseaux.

Dans cette situation, le Gouvernement avait le choix entre deux partis : Il pouvait user de toutes les rigueurs du cahier des charges, et prononcer la déchéance des compagnies impuissantes à s'acquitter de leurs engagements ; la mise en adjudication des concessions les aurait fait passer aux mains de compagnies nouvelles qui, les ayant achetées à bon compte, n'auraient eu à rémunérer, pour tous les travaux déjà exécutés, que le faible capital représentant le prix d'achat, et auraient disposé de la totalité des recettes pour gager de nouveaux emprunts ; ou bien, à défaut d'acquéreur, les concessions auraient fait gratuitement retour à l'État ; ainsi, de toute façon, les réseaux de chemins de fer, allégés par cette liquidation de la majeure partie du capital déjà dépensé, auraient pu s'achever sans l'aide du Trésor, mais au prix d'une effroyable crise et d'un ébranlement considérable du crédit public.

L'autre parti qui se présentait était de venir en aide aux compagnies, pour les mettre à même de sortir des difficultés où elles se trouvaient ; c'est à ce parti que se rallia le Gouvernement. Adoptant une ligne de conduite qui avait déjà été adoptée antérieurement, qui a été encore adoptée depuis lors, dans des circonstances analogues, il pensa qu'il fallait éviter, autant que possible, une crise trop désastreuse ; qu'il était prudent, du moment où l'on ne renonçait pas au système des concessions, de ne pas laisser déconsidérer les titres de chemins de fer : qu'il était juste de ne pas faire perdre l'argent employé en travaux utiles, par ceux qui l'avaient fourni ; qu'enfin, user de toute la rigueur du droit serait une véritable injustice.

Sans discuter la valeur de ces considérations d'une manière générale, il faut remarquer qu'en 1859 elles prenaient une valeur toute particulière par ce fait que, dans l'opinion des hommes compétents, les difficultés que l'on

rencontrait provenaient plus encore de l'ébranlement du crédit que d'une situation réellement mauvaise. Il ne paraissait pas douteux que, si les compagnies réussissaient à traverser un moment difficile, leurs recettes, dans l'avenir, seraient au niveau de leurs charges. Il y aurait eu un abus réel, de la part de l'État, à profiter des circonstances pour mettre la main, sans bourse délier, sur des travaux représentant des capitaux énormes et devant donner, dans l'avenir, les recettes nécessaires pour en payer l'intérêt. Ces circonstances, en justifiant tout particulièrement les secours du Trésor, indiquaient sous quelle forme ils devaient se produire. A cette époque, en effet, l'intervention de l'État ne devait pas avoir pour but de procéder à une liquidation permettant de rembourser aux obligataires tout ou partie de leurs créances, comme cela a eu lieu en 1878, lors du rachat d'un certain nombre de petits réseaux; il fallait simplement procurer aux compagnies le crédit indispensable pour exécuter les nouvelles lignes dont elles s'étaient chargées, et les mettre à même d'attendre les plus-values de recettes qui viendraient combler un déficit momentané.

L'idée fondamentale des conventions de 1859 a donc été de faire passer dans le public la conviction que les compagnies étaient solvables, et pour cela, de consolider les situations acquises par elles avant la crise. Dans ce but, on a séparé, au point de vue des comptes d'établissement et d'exploitation, l'ancien réseau de chaque compagnie de son nouveau réseau. L'État a garanti l'intérêt des emprunts contractés pour l'établissement du nouveau réseau, lorsque les recettes ne permettraient pas d'en assurer le service. Quant à l'ancien réseau, il a été convenu que, sur son produit net, il serait *réservé* aux compagnies les sommes nécessaires pour payer l'intérêt des obligations émises pour l'établissement des lignes qui le composaient, ainsi que le dividende des actions.

La portion des recettes nettes de l'ancien réseau excédant le *revenu réservé* devait être *déversée* sur le nouveau réseau pour combler, en totalité ou en partie, le déficit annuel sur ce réseau, et il ne devait être fait appel à la garantie de l'État qu'en cas d'insuffisance des excédents ainsi *déversés*.

Ces principes généraux ne se dégagent pas très clairement dans les conventions, par les raisons suivantes. Pour atténuer en apparence le montant de la garantie de l'État, on avait fixé à 4,65 p. 100 seulement, amortissement compris, le taux de cette garantie. Mais, dans la situation du crédit à cette époque, ce chiffre était bien insuffisant, et on estimait que les charges réelles des emprunts atteindraient 5,50 p. 100 pour la Compagnie du Nord, et 5,75 p. 100 pour les autres compagnies. L'écart de 0,85, ou 1,10 p. 100, entre ce chiffre et celui de l'intérêt garanti, était comblé par une addition faite au *revenu réservé avant déversement*; c'est-à-dire que les compagnies étaient autorisées à prélever, chaque année, sur le revenu net de l'ancien réseau, avant que l'excédent de ce revenu soit affecté à fournir l'intérêt de 4,65 p. 100 garanti par l'État pour le capital d'établissement du nouveau réseau, une somme représentant 0,85 ou 1,10 p. 100 de ce dernier capital.

Ce mécanisme avait pour conséquence d'obliger les compagnies à prélever sur les recettes de l'ancien réseau, avant de distribuer un dividende aux actionnaires, les sommes nécessaires pour compléter le service des emprunts contractés pour le nouveau réseau, service insuffisamment assuré par la garantie au taux de 4,65 p. 100; par suite, si les recettes nettes de l'ancien réseau avaient pu être inférieures au revenu réservé, le dividende ménagé dans le calcul de ce revenu réservé se serait trouvé entamé. Mais, comme les résultats déjà acquis ne laissaient aucun doute sur ce fait que l'ancien réseau four-

nirait au moins la totalité du revenu réservé, et même qu'il y aurait déversement pour toutes les compagnies, le dividende se trouvait assuré absolument comme le coupon des obligations ; au fond, ce système équivalait à celui de l'unité de réseau, avec garantie d'un revenu net suffisant pour assurer : 1° un dividende déterminé aux actions ; 2° un intérêt de 5,75 ou 5,50 p. 100, amortissement compris, aux emprunts à contracter.

Les conventions contenaient des stipulations destinées à tenir compte de diverses circonstances, notamment des époques d'ouverture des lignes, qui réagissaient dans une certaine mesure sur le règlement des comptes annuels. Mais ce sont là des détails qui, en somme, n'exerçaient qu'une influence secondaire sur les résultats financiers pour chaque exercice, et dont nous n'avons pas à nous occuper ici. Les conventions ultérieures ont remanié la répartition des lignes entre les réseaux, ajouté des concessions nouvelles aux anciennes, et créé parfois des régimes spéciaux pour certaines lignes. Mais elles n'ont pas, jusqu'en 1883, modifié les traits généraux des contrats primitifs ; leur esprit est resté le même, et il est inutile de s'arrêter à ces modifications, lorsqu'on veut simplement se rendre compte du caractère général des rapports financiers entre l'État et les compagnies.

Les conventions de 1859 impliquaient la vérification de toutes les écritures de chaque compagnie. Le capital dont l'intérêt était garanti pour chaque ligne était, sauf certaines exceptions pour l'ancien réseau, le capital réellement dépensé. Des maxima avaient été fixés, il est vrai, en sorte que, en cas de dépassement des frais de construction prévus, la compagnie pouvait se trouver obligée à contracter des emprunts dont l'intérêt, n'étant pas garanti, aurait dû être prélevé sur les sommes réservées aux actionnaires. Mais ces maxima servaient simplement à permettre aux pouvoirs publics de se rendre compte de

l'étendue des engagements de l'État, et l'on n'a jamais hésité à les modifier dans les conventions ultérieures, lorsque des études plus complètes ont fait reconnaître que les premières prévisions étaient insuffisantes. On a également étendu la garantie, postérieurement à 1859, aux sommes dépensées pour l'exécution des travaux complémentaires rendus nécessaires par le développement du trafic sur les lignes en exploitation. Le chiffre des dépenses garanties pour ces travaux était limité par les conventions; mais on reculait la limite à mesure qu'elle était atteinte. L'esprit des conventions de 1859, et de celles qui les ont suivies, était de garantir l'intérêt de toutes les dépenses d'établissement faites dans un but d'utilité.

Le calcul du déficit annuel à couvrir par l'État se faisait également après vérification du montant réel des recettes et dépenses d'exploitation. Ainsi, le seul élément forfaitaire dans le contrat était le taux des emprunts, fixé à 5,75 ou 5,50 p. 100. Le règlement des comptes laissait aux compagnies, pour payer les coupons, une somme calculée à ce taux sur le chiffre des dépenses d'établissement réellement faites. Si le prix de vente des obligations permettait d'assurer le service avec une somme moindre, l'excédent constituait un bénéfice qui venait s'ajouter au dividende annuel. Si, au contraire, il fallait payer un intérêt plus élevé, c'était sur la part réservée aux actionnaires que la somme nécessaire pour combler le déficit devait être prélevée. En fait, le taux réel du placement des titres, sauf dans quelques années calamiteuses, a été plus avantageux que le taux forfaitaire, et il en est résulté un petit bénéfice qui est venu accroître le dividende prévu.

Cet accroissement, on le voit, résultait uniquement du crédit des compagnies, c'est-à-dire de la situation du crédit public, avec lequel le leur ne faisait qu'un, en

quelque sorte, depuis qu'elles avaient la garantie de l'État. Leur bonne administration n'y entraînait pour rien; ainsi, avec le régime des conventions de 1859, l'augmentation ou la diminution des recettes et des dépenses d'exploitation ne devait réagir que sur le montant annuel des avances de l'État, tant qu'il serait fait appel à la garantie. La période pendant laquelle le dividende resterait indépendant des résultats financiers de l'exploitation devait même s'étendre bien au delà de celle pendant laquelle l'État aurait, tous les ans, un déficit à combler. En effet, les excédents, quand il s'en produirait, devaient être d'abord affectés à rembourser à l'État, avec les intérêts simples à 4 p. 100, les sommes avancées par lui chaque année par l'effet de la garantie, qui ne constituait qu'un prêt. Si donc le remboursement des avances de l'État avait dû se prolonger jusqu'au terme ou presque jusqu'au terme de la concession, le régime des conventions de 1859 aurait engendré tous les inconvénients que nous signalions plus haut, comme résultant des garanties qui désintéressent le concessionnaire des résultats de son entreprise.

Mais il n'en était rien dans la pensée des créateurs de ce régime. En qualifiant d'*avances* les versements faits chaque année par l'État pour le paiement de l'intérêt garanti, les auteurs des conventions de 1859 comptaient bien, et avaient tout lieu de compter, que ces avances seraient remboursées; toutes les compagnies voyaient, dans un avenir, sinon très prochain, du moins pas trop éloigné, l'époque où elles recouvreraient la liberté de leur dividende. M. de Franqueville, en 1865, dans la discussion du budget, exposait au Corps législatif les prévisions de l'administration, en tenant compte du développement probable du trafic ainsi que de l'extension du réseau. Il estimait que deux compagnies, le Nord et le Paris-Lyon-Méditerranée, ne feraient jamais appel à la

garantie. Pour l'ensemble des quatre autres compagnies, il admettait que l'accroissement annuel du produit net serait en moyenne, jusqu'en 1875, de 2 p. 100 par an; puis, de 1876 à 1885, de 1 1/2 p. 100 par an. D'après ces prévisions, le maximum des versements à faire par l'État devait se produire vers les années 1870 à 1872 et atteindre 45 à 48 millions. L'appel à la garantie devait cesser en 1884, le total des avances faites par l'État s'élevant alors à environ 600 millions, et le remboursement de ces avances devait commencer en 1885; quelques années plus tard, les compagnies, libérées de leur dette, seraient entrées en jouissance des plus-values réalisées.

Ainsi, en enlevant à peu près complètement aux compagnies la crainte de voir diminuer leurs dividendes, on leur laissait comme stimulant l'espoir de les augmenter un jour. Lorsqu'on réservait un revenu qui permettait de distribuer chaque année aux actionnaires une somme se rapprochant de celle qu'ils avaient touchée dans les années antérieures, l'État n'entendait pas leur faire une libéralité; il voulait simplement éviter des fluctuations très nuisibles au crédit des compagnies et au bon classement des titres, en anticipant sur l'avenir, et en leur avançant des sommes dont, selon toute vraisemblance, le développement du trafic assurerait le remboursement.

Le dividende réservé aux actionnaires par les conventions de 1859 restait, en général, sensiblement inférieur à celui que le trafic acquis sur les lignes anciennement concédées avait permis de toucher antérieurement. Seule la Compagnie du Midi, pour laquelle il y avait lieu de prévoir à brève échéance une augmentation notable des recettes (*), obtenait une augmentation calculée de ma-

(*) Dans le discours cité à la page précédente, M. de Franqueville évaluait à 4 ou 5 p. 100 la plus-value moyenne annuelle des recettes nettes de cette compagnie, de 1865 à 1875.

nière à porter le revenu des actions à 6 p. 100. Ainsi, dans l'ensemble, la plus-value considérable que les actions de chemins de fer ont réalisée par rapport au prix d'émission n'est pas due, comme on l'a dit trop souvent, aux conventions; elle était antérieurement acquise; elle constituait le bénéfice légitime de ceux qui, les premiers, avaient engagé leurs fonds dans l'industrie nouvelle des chemins de fer; momentanément compromise par le concours que les compagnies, en possession des grandes artères et des parties les plus lucratives du réseau, avaient apporté à l'extension de ce réseau, elle devait, suivant une probabilité équivalant presque à une certitude, se retrouver dans un avenir qui n'était pas très éloigné.

La situation d'après laquelle avaient été établis les calculs faits en 1859 a subi presque aussitôt de légères modifications. La Compagnie d'Orléans a changé la constitution de son capital, en augmentant le nombre des actions, de sorte que le dividende attribué à chacune s'est trouvé diminué, sans que le revenu réservé ait été modifié. Les conventions de 1863, d'autre part, ont réduit le dividende réservé à chaque action de l'Est et de l'Ouest. Au total, c'est donc dans les conventions de 1863 que l'on trouve les bases de la situation des compagnies jusqu'en 1883. Le tableau suivant donne la comparaison de la situation antérieure à 1859, de celle qui devait résulter des conventions de 1859, et de celle qui résulte des conventions de 1863, au point de vue tant du capital-actions que du montant total des dépenses prévues; les éléments en sont empruntés au *Traité des chemins de fer* de M. Picard :

		NORD	P.-L.-M.	EST	OUEST	ORLÉANS	MIDI
Dividende effectif pour les années	1855. . . fr.	61	82,50 et 86 ⁽¹⁾	78,50	50	8	"
	1856. . . fr.	56	81 et 117 ⁽¹⁾	74	40	84	20
	1857. . . fr.	60	53	40,65	37,50	90	20
	1858. . . fr.	61	49,50	40,46	33	87	20
	1859. . . fr.	65,50	63,50	38,70	37,50	97	27
Dividende ménagé par les conventions de 1859, d'après les documents préparatoires. fr.		50	47	38	35	70	35
Nombre d'actions en 1863.		525.000	800.000	584.000	300.000	600.000	250.000
Dividende ménagé par action fr.		50	47	30	30	51,80	35
Dividendeménagé total fr.		26.250.000	37.600.000	17.520.000	9.000.000	31.080.000	8.750.000
Capital versé par les actionnaires. fr.		231.875.000	345.549.000	292.000.000	150.948.000	307.784.000	146.407.000
Évaluation de la dépense totale à faire en exécution des conventions de 1863 fr.		603.000.000	2.270.000.000	1.180.000.000	995.000.000	1.304.000.000	668.000.000

(1) Le premier chiffre se rapporte à la Compagnie de Paris à Lyon, l'autre à celle de Lyon à la Méditerranée, qui se sont fusionnées en 1856.

La proportion entre le capital-actions et la dépense prévue restait assez satisfaisante, car si le capital-actions ne représentait que 1.474 millions versés, la plus-value acquise, et que l'on consolidait en réservant à ce capital un revenu de 130 millions, soit de près de 9 p. 100 en moyenne, en doublait presque la valeur. Le revenu destiné aux actionnaires atteignait ainsi la moitié environ des sommes nécessaires pour assurer le service des obligations émises ou à émettre, d'après l'évaluation de la dépense d'établissement des lignes concédées, portée à 7 milliards.

Les conventions ultérieures, qui ont à maintes reprises remanié la constitution des réseaux, les événements de 1870-1871, qui ont si profondément atteint celui de l'Est, ont apporté dans la situation des modifications considé-

rables. Néanmoins, la considération fondamentale qui avait expliqué et justifié les conventions de 1859 n'avait rien perdu de sa valeur; l'espoir de voir les compagnies cesser de faire appel à la garantie, éteindre leur dette et recouvrer la liberté de leur dividende, restait parfaitement fondé, malgré l'augmentation du capital à rémunérer. Cette augmentation avait été réalisée entièrement au moyen d'obligations. Le capital-actions n'ayant pas été modifié, le produit des obligations émises, tant pour couvrir les dépenses à la charge des compagnies que pour remplacer certaines subventions converties en annuités, atteignait au 31 décembre 1882 :

Nord	912 millions.	
P.-L.-M.	2.895	— (*)
Est	1.115	—
Ouest	1.155	—
Orléans	1.126	—
Midi	810	—
Total	8.013 millions.	

Quatre compagnies seulement avaient fait appel à la garantie en exécution des conventions de 1859. En outre, la Compagnie P.-L.-M. avait eu à y faire appel pour la ligne du Rhône au Mont-Cenis, ligne qu'elle a reprise à la Compagnie Victor-Emmanuel, en 1867; cette ligne a conservé des comptes distincts de ceux du reste du réseau, avec un régime spécial basé sur la garantie de l'intérêt des dépenses réellement faites pour son établissement.

Le tableau suivant montre le jeu de la garantie dans la période de 1863 à 1882. Les sommes précédées du signe — répondent à des remboursements effectués par les compagnies, tandis que les autres représentent les avances faites par l'État.

(*) Non compris 115 millions pour la ligne du Rhône au Mont-Cenis et 145 millions pour le réseau algérien.

232 LA GARANTIE D'INTÉRÊTS ET SON APPLICATION

ANNÉES d'exploitation	EST	OUEST	ORLÉANS	MIDI	RHÔNE au Mont- Cenis	TOTAL
1863	"	"	"	"	1.492.958	1.492.958
1864	13.958.183	"	"	"	1.409.699	15.367.882
1865	11.613.473	4.901.563	8.866.949	2.115.643	1.169.673	28.667.303
1866	9.633.578	4.944.361	8.196.296	266.802	1.283.178	24.324.174
1867	8.814.310	4.592.652	7.044.248	— 230.068	1.722.095	21.943.598
1868	9.757.631	5.817.043	13.243.937	— 41.059	2.499.072	31.276.634
1869	4.624.116	5.454.803	11.282.358	899.334	2.335.906	25.095.917
1870	21.918.439	9.890.933	18.725.806	9.416.011	1.989.076	61.940.256
1871	10.239.425	8.002.445	7.710.144	— 276.784	1.860.979	27.536.209
1872	1.784.847	12.588.117	9.973.615	5.602.359	1.094.827	31.043.795
1873	5.470.041	16.342.015	13.554.108	2.317.024	1.450.681	41.133.869
1874	11.161.433	18.577.993	17.430.102	2.193.352	1.889.432	51.252.312
1875	7.192.609	15.619.211	7.438.725	4.336.925	1.516.295	36.103.765
1876	10.031.624	13.403.356	11.048.987	3.341.784	1.844.733	39.667.485
1877	13.514.163	16.786.918	13.888.261	4.335.025	1.402.442	49.926.809
1878	6.451.579	14.117.871	6.877.500	2.816.895	1.287.357	31.551.202
1879	11.390.943	15.779.755	9.408.683	1.829.901	4.253.952	39.703.234
1880	160.993	13.027.700	— 3.737.961	— 6.077.338	2.489.372	5.892.726
1881	— 3.200.723	10.094.948	— 10.210.996	— 6.227.107	3.044.442	— 6.499.326
1882	— 463.723	7.244.538	— 8.982.850	— 3.925.489	1.262.576	— 5.864.948
Montant de la dette au 31 déc. 1882	en capital. 35.703.649 Total. 150.636.551	en intérêts. 50.886.187 240.605.476	114.931.902 (1) 189.809.288 166.653.527 38.745.354 205.398.881	34.387.328 " 34.387.328	27.327.158 8.083.915 35.411.073	533.109.203 133.419.106 666.528.309

(1) Il avait été fait remise à la compagnie de l'Est, après la guerre, de la partie de sa dette afférente aux lignes cédées à l'Allemagne.

Les chiffres relatifs aux exercices postérieurs à 1879, pour la ligne du Rhône au Mont-Cenis, sont des chiffres provisoires, la vérification des comptes ayant été arrêtée par des difficultés relatives au partage du trafic. Pour les Compagnies de l'Est, de l'Ouest, d'Orléans et du Midi, tous les chiffres sont ceux qui ont été arrêtés après vérification des comptes. Ceux des derniers exercices présentent, avec le montant des versements reçus

ou effectués en fait par les Compagnies, de légères divergences dont il a été tenu compte dans les conditions prévues aux conventions de 1883. Pour le montant total de la dette de ces quatre compagnies, nous avons donné, non les chiffres résultant du compte-courant au 31 décembre 1882, mais ceux qui ont été arrêtés pour l'Est, l'Ouest et l'Orléans par les conventions, pour le Midi par l'arrêté du 1^{er} mars 1887, en tenant compte de certains reversements postérieurs à 1882.

Les résultats, si favorables, des dernières années, étaient dus à un développement de trafic tout à fait exceptionnel ; les recettes de toute nature, pour l'ensemble des réseaux français d'intérêt général, avaient passé de 946 millions en 1879, à 1.061 millions en 1880, puis à 1.128 millions en 1882.

Il semblait à ce moment que l'exploitation des chemins de fer fût une mine d'or inépuisable ; beaucoup de membres du Parlement étaient d'avis que l'État ne devait pas hésiter à s'assurer par un rachat général, fût-ce au prix de sacrifices immédiats considérables, la possession des plus-values de recettes de l'avenir. Les hommes expérimentés représentaient, il est vrai, qu'on ne pouvait considérer un si extraordinaire élan de prospérité comme un phénomène durable, et qu'en calculant sur des plus-values moyennes de 1 ou 2 p. 100 par an, on s'exposerait à moins de déceptions ; mais tout le monde n'en considérait pas moins comme certain que le remboursement de la dette contractée envers l'État était très prochain pour la plupart des compagnies.

Conventions de 1883. — L'année 1883, en marquant l'arrêt des plus-values à la fois dans le produit des impôts et dans les recettes des chemins de fer, sans faire encore prévoir les déplorables résultats des exercices suivants, ramena l'opinion générale à des appréciations

plus raisonnables, et permet de conclure les conventions qui constituent notre régime actuel.

Les traits généraux de ces conventions peuvent se résumer ainsi :

1° Les compagnies acceptent la concession d'un grand nombre de lignes nouvelles, en exploitation ou à ouvrir. Elles s'engagent à fournir l'outillage et le matériel roulant nécessaires, évalués à 20.000 ou 25.000 francs par kilomètre, et à contribuer en outre aux dépenses de construction pour une somme qui est fixée, en général, à 25.000 francs par kilomètre, exceptionnellement à 40 millions pour la ligne de Limoges à Montauban concédée à la Compagnie d'Orléans, et à 90 millions pour l'ensemble des lignes ajoutées au réseau du Nord. Le surplus de la dépense doit être fourni par l'État. Ainsi, contrairement à ce qui avait été fait dans les conventions antérieures pour les lignes dont l'État subventionnait la construction, c'est la part contributive des compagnies qui est fixe, et c'est la part de l'État qui reste aléatoire.

C'est là, il faut le dire, une innovation peu heureuse ; à chaque instant, en effet, dans l'étude des projets, la question se pose de savoir s'il vaut mieux améliorer le profil d'une ligne ou la disposition d'une gare de manière à diminuer les dépenses d'exploitation, ou bien réaliser sur la construction des économies qui auront pour conséquence une augmentation de ces dépenses. En séparant l'aléa de la construction de celui de l'exploitation, on fait naître des tiraillements qui n'ont pas toujours pour issue l'adoption de la solution la plus avantageuse, car l'État n'est pas toujours bien placé pour refuser aux compagnies, qui auront la responsabilité du service, des travaux que ne justifient pas entièrement les perspectives de trafic. Aussi doit-on regretter que l'absence d'avant-projets donnant une évaluation suffisamment approchée des

dépenses d'établissement des lignes concédées en 1883 ait empêché de fixer à forfait la part contributive de l'État.

2° Des échanges de lignes font cesser l'enchevêtrement entre le réseau de l'État et les réseaux voisins, et des règles posées pour le partage du trafic, préviennent, dans l'avenir, la concurrence, qui n'avait plus de raison d'être du moment où l'on traitait avec les compagnies.

3° Au point de vue de la garantie, les conventions suppriment la distinction établie entre les recettes et dépenses annuelles de l'ancien et du nouveau réseau ; elles confondent le tout en un compte unique d'exploitation. Pour deux compagnies, il est vrai, le Nord et le P.-L.-M., la garantie de l'État continue à ne s'appliquer qu'aux dépenses faites sur le nouveau réseau, c'est-à-dire que les sommes que l'État peut être appelé à verser chaque année ne doivent, en aucun cas, dépasser l'intérêt des capitaux employés à la construction de ce réseau, de telle sorte que la séparation des deux comptes d'établissement continue à subsister. Mais, comme il n'est pas douteux que jamais l'insuffisance des recettes par rapport aux charges à couvrir n'atteindra la limite ainsi posée, cette différence des traitements faits aux diverses compagnies reste purement théorique. La simplification résultant de l'unité du compte d'exploitation est d'ailleurs appliquée au Nord et au P.-L.-M., comme aux autres compagnies.

Sur les recettes nettes du compte unique, chaque compagnie prélève les sommes nécessaires pour assurer le service de sa dette et des emprunts nouveaux qu'elle contractera, et pour distribuer à ses actionnaires un dividende déterminé. S'il y a insuffisance, la garantie de l'État y subvient ; s'il y a un excédent, il est affecté, d'abord, au remboursement des avances faites par l'État au titre de la garantie ; puis, après extinction de la dette,

il appartient aux actionnaires jusqu'à ce que le dividende ait atteint un certain chiffre, au delà duquel les bénéfices sont partagés dans la proportion de deux tiers pour l'État et un tiers pour la compagnie.

4° En ce qui concerne les compagnies pour lesquelles la vérification des dépenses du compte d'établissement était en retard, les conventions arrêtent ce compte au 31 décembre 1882, de manière à ne pas laisser planer d'incertitude sur les faits passés. Les compagnies qui avaient fait appel à la garantie, et qui se trouvaient endettées envers l'État, remboursent leur dette; elles se procurent les capitaux nécessaires, en émettant des obligations qui viennent s'ajouter au montant des emprunts garantis. On anticipe ainsi un remboursement qui semblait devoir être très prochain, par le jeu seul des anciennes conventions, pour les Compagnies de l'Est, d'Orléans et du Midi. Pour celle de l'Ouest, les calculs de prévision n'auraient pas permis d'espérer que ce remboursement pût commencer avant une époque encore éloignée; aussi la convention du 17 juillet 1883, en le rendant immédiat, accorde-t-elle comme compensation une réduction du chiffre de la dette, ramené de 240 à 160 millions.

5° Pour éviter de grever outre mesure le compte unique d'exploitation en y faisant figurer les déficits des lignes récemment ouvertes, lignes dont le trafic n'a pas encore atteint son développement normal, des dispositions fort importantes créent, dans des conditions variant sensiblement d'un réseau à l'autre, ce que l'on a appelé les comptes d'exploitation partielle. Ces comptes, qui peuvent ou doivent, suivant les cas, rester ouverts jusqu'à l'achèvement des lignes concédées en 1883, comprennent les recettes et dépenses non seulement de ces lignes, mais encore de celles qui avaient été concédées par les conventions passées en 1875. Le déficit annuel, au lieu de

donner lieu à un appel immédiat à la garantie, est comblé par une émission d'obligations dont le montant vient s'ajouter au capital d'établissement. Ce capital se grossit, de la sorte, d'abord de ce que l'on appelle les insuffisances de l'exploitation, c'est-à-dire de l'excédent des frais d'exploitation sur les recettes brutes, pour les nombreuses petites lignes dont les produits ne couvrent pas ces frais ; il s'augmente en outre, chaque année, des intérêts des dépenses faites par la compagnie pour la construction de ces lignes et des intérêts de ces intérêts ; et il s'accroîtra ainsi, suivant la loi des intérêts composés, jusqu'à l'époque, vraisemblablement assez éloignée, où il viendra se réunir au compte général d'établissement.

De même que pour les conventions antérieures, nous ne donnons ici que les traits généraux et communs, sans entrer dans les divergences de détails qui ont dû être acceptées en raison des différences de situation des compagnies.

Ce qu'il importe de remarquer, c'est que le principe des conventions de 1883 est toujours la vérification des dépenses réelles. Pour les dépenses d'établissement, les maxima même ont disparu. Pour la construction des lignes nouvelles, il n'y avait naturellement pas lieu à fixation d'un maximum de dépenses, puisque la part contributive des compagnies est réglée d'une manière fixe. Pour les travaux complémentaires, l'imputation au compte d'établissement est autorisée sans limites. La limitation du montant de ces travaux se comprendrait peu, d'ailleurs, si on admet que la situation financière des compagnies est telle, qu'elles gardent l'espoir de s'affranchir un jour de la garantie et que, par suite, elles restent intéressées à ne pas accroître inutilement le montant de leurs emprunts ; et il faut bien admettre cette hypothèse puisque, comme nous l'avons expliqué, dans

l'hypothèse contraire, le principe même des conventions devrait être condamné. Comme les travaux complémentaires ont, en général, pour but d'améliorer le service ou d'augmenter la sécurité, normalement c'est l'administration qui pousse à leur développement dans l'intérêt public, et c'est la compagnie qui cherche à les restreindre le plus possible, pour ne pas augmenter ses charges. L'État n'a donc pas intérêt à limiter le montant de ces travaux. Mais la suppression de la limitation deviendrait un péril de plus le jour où, perdant l'espoir de voir leurs dividendes s'accroître, les compagnies se laisseraient aller à céder aux sollicitations qui les assiègent sans cesse, pour la création de stations nouvelles, pour l'extension des anciennes gares, etc., etc.

La suppression du maximum ne permettant plus aux pouvoirs publics de se rendre compte, par la seule lecture des conventions, de l'étendue des engagements de l'État, on a dû y suppléer en fixant annuellement, dans la loi de finances, un maximum pour le montant des travaux complémentaires dont le Ministre des travaux publics pourra autoriser l'imputation au compte d'établissement, au cours de l'exercice suivant. Les maxima annuels inscrits au budget ne comprennent pas les dépenses du matériel roulant ni de l'outillage, en sorte qu'il y a là un élément d'accroissement du capital garanti qui échappe actuellement au contrôle parlementaire.

Non seulement les conventions de 1883 conservent le principe de l'inscription de la dépense réelle dans les comptes, là où ce principe était en vigueur, mais encore elles font disparaître la fixation du taux conventionnel de 5,75 ou 5,50 p. 100, seul élément forfaitaire qui existât dans les conventions de 1859. Généralisant une disposition qui avait déjà été introduite dans plusieurs conventions, elles décident que dorénavant la garantie se calculera d'après le montant réel des charges des emprunts, tel qu'il ré-

sulte, pour chaque exercice, du prix effectif de la vente des obligations effectuée à la Bourse ou aux guichets des Compagnies. C'est là une disposition parfaitement rationnelle, car elle établit un accord complet entre les conditions de la garantie et son but, qui est de donner la sécurité aux créanciers de la compagnie, sans que celle-ci réalise de gain ni de perte sur ses émissions.

Cette disposition ne peut d'ailleurs présenter aucun inconvénient, lorsqu'elle s'applique à des emprunts réalisés par la vente de titres identiques à des titres déjà placés dans le public pour un capital de plusieurs milliards et parfaitement classés, de telle sorte qu'aucune puissance financière ne pourrait amener un écart sensible entre leur cours coté à la Bourse et le cours qui doit résulter de la situation générale du marché des capitaux. Il n'est pas nécessaire d'insister longuement pour faire comprendre les dangers et les abus qu'une stipulation pareille pourrait entraîner, si on l'étendait à des compagnies nouvelles, réalisant leurs emprunts au moyen de titres pour lesquels il n'y aurait ni cours préexistant ni clientèle assurée et dont, par suite, les conditions d'émission pourraient être considérablement influencées par la spéculation.

Le dividende garanti (explicitement ou implicitement) par les conventions de 1883 est calculé d'après les résultats donnés par le jeu des conventions antérieures. Nous avons dit que celles-ci, tout en prenant comme principe général la fixité du dividende jusqu'à remboursement des avances faites par l'État du chef de la garantie, renfermaient néanmoins quelques causes de variations, notamment par l'écart entre le taux réel des emprunts et le taux garanti, ou par le bénéfice réalisé sur les chiffres forfaitaires admis pour les dépenses d'établissement de certaines lignes. Les dividendes annuels distribués par les compagnies ayant fait appel à la garantie d'intérêts avaient atteint, en 1882, 33 francs pour l'Est, 35 francs

pour l'Ouest, 56 francs pour l'Orléans, 40 francs pour le Midi. Pour les deux compagnies n'ayant jamais eu recours à la garantie, le dividende correspondant au cas où il eût fallu y faire appel, aurait été de 55',35 pour le Nord, et de 56',10 pour le P.-L.-M. En fait, les recettes avaient permis de distribuer aux actionnaires, en 1882, jusqu'à 77 francs pour le Nord, et 65 francs pour le P.-L.-M. Le prélèvement autorisé au profit des actionnaires par les conventions de 1883 représente :

Nord.	P.-L.-M.	Est.	Ouest.	Orléans.	Midi.
54',10	55',00	35',50	38',50	56',00	50',00

Pour les deux compagnies de l'Est et de l'Ouest, la légère augmentation du dividende réalisée à la suite des conventions aurait pu se produire même antérieurement, si les compagnies n'avaient préféré porter à la réserve une partie des sommes qu'elles étaient en droit de distribuer. Pour la Compagnie du Midi seule, le revenu attribué aux actionnaires en 1883, est notablement supérieur à celui qu'ils auraient eu, s'il n'avait pas été fait de convention nouvelle. Pendant les années 1880, 1881 et 1882, les recettes de cette compagnie avaient augmenté dans une proportion extraordinaire. Elle avait commencé à rembourser sa dette, dont le chiffre était peu élevé, et il paraissait certain qu'à très brève échéance, elle achèverait de se libérer et pourrait immédiatement augmenter son dividende dans une très forte proportion. Il était naturel que les actionnaires n'acceptassent la concession de lignes nouvelles, entraînant des charges qui pourraient retarder ces brillants résultats, qu'autant qu'ils seraient assurés de bénéficier immédiatement d'une partie de l'augmentation de dividende sur laquelle ils étaient en droit de compter. Une baisse de recette tout à fait imprévue, due en grande partie aux ravages du phylloxera, a complètement démenti les prévisions basées

sur les faits acquis au moment où la convention a été signée, et il se trouve, aujourd'hui, que l'augmentation de dividende de 10 francs constitue pour la compagnie un bénéfice net résultant de la convention, et pour l'État un accroissement annuel de 2.500.000 (à raison de 250.000 actions) dans les charges de la garantie.

Sauf cet accroissement, qui n'a pris ce caractère que par l'effet de circonstances imprévues, l'analyse qui précède montre que les conventions de 1883 n'ont pas augmenté notablement les charges résultant de la garantie d'intérêts, car elles n'ont changé ni le dividende des actionnaires, ni l'intérêt servi aux obligataires, ni les recettes et dépenses de l'exploitation. La seule modification sérieuse qu'elles aient apportée à la situation antérieure, a été de faire passer au compte des compagnies certaines charges qui, sans ces conventions, auraient incombé au Trésor. L'intérêt des 25.000 francs par kilomètre fournis par les compagnies et du prix d'acquisition du matériel roulant, ainsi que les insuffisances de l'exploitation des lignes nouvelles, auraient dû, en tout cas, être payés sur les fonds du budget, puisque l'exécution des lignes était décidée avant leur concession; de même, les emprunts que contractent les compagnies pour payer leur dette sont employés en exécution de travaux au compte de l'État et remplacent des emprunts d'État dont les charges eussent été sensiblement égales. Or, ce sont là les seuls éléments qui se soient ajoutés, ou plutôt qui doivent s'ajouter ultérieurement (car la plupart figurent, pour le moment, au compte d'exploitation partielle) aux charges de la garantie. Tant que la garantie fonctionnera, l'effet des conventions se bornera à avoir fait passer, dans le budget, au compte spécial intitulé « garantie d'intérêts », certaines dépenses qui auraient figuré aux chapitres « dette publique » et « insuffisances de l'exploitation des lignes exploitées au compte de l'État. ». Mais

cette différence de forme se traduira par un bénéfice considérable pour le Trésor, le jour où les avances faites du chef de la garantie lui seront remboursées.

Situation actuelle et charges futures de la garantie. — Toute la question est de savoir si ce jour viendra, car s'il ne devait pas venir, l'interposition des compagnies entre l'État et les chemins de fer, qui en réalité seraient purement et simplement exploités à son compte, ne pourrait avoir que de mauvais résultats. A cette question, autant on était porté à répondre affirmativement il y a quelques années, autant aujourd'hui on répond volontiers négativement. Pour les derniers exercices, en effet, non seulement tout excédent pouvant être affecté à l'extinction de la créance de l'État a disparu, mais encore, aux quatre compagnies qui faisaient appel à la garantie, est venue se joindre, de 1884 à 1887, la riche compagnie de P.-L.-M., qui, jusque-là, n'y avait eu recours que pour le réseau spécial du Rhône au Mont-Genis. Le tableau suivant fait connaître les sommes demandées à l'État pour les exercices écoulés depuis 1882, les chiffres précédés du signe — indiquant les remboursements à faire à l'État par les compagnies :

EXERCICES	EST	OUEST	ORLÉANS	MIDI	P.-L.-M.	RHÔNE au Mont- Genis	TOTAUX
1883	4.583.000	5.798.000	—2.813.000	—3.622.000	"	2.152.000	6.098.000
1884	7.750.000	10.988.000	—6.514.000	7.715.000	8.400.000	2.669.000	44.096.000
1885	10.166.000	14.109.000	15.566.000	13.620.000	10.237.000	3.270.000	66.968.000
1886	11.007.000	13.369.000	19.517.000	15.600.000	11.184.000	2.782.000	73.459.000
1887	12.452.000	10.515.000	16.721.000	12.219.000	3.077.000	2.332.000	57.316.000
1888	10.339.000	11.713.000	16.223.000	12.032.000	—1.003.000	2.663.000	51.997.000

Ces résultats, comme nous l'avons déjà dit, et comme nous le démontrerons plus loin, ne se rattachent à peu

près en rien aux dernières conventions. La fâcheuse situation que met en relief le tableau précédent, résulte presque tout entière de la baisse du trafic. Pour l'ensemble de notre réseau d'intérêt général, malgré l'extension résultant de l'ouverture de lignes nouvelles ou de l'incorporation des lignes d'intérêt local, les recettes ont subi une baisse qui ne s'est arrêtée qu'en 1887 et qui se mesure par les chiffres suivants :

EXERCICES	LONGUEUR MOYENNE exploitée pendant l'année	RECETTE BRUTE de l'exploitation
	kilomètres.	millions.
1883	26.602	1.126
1884	28.722	1.006
1885	29.865	1.058
1886	30.698	1.036
1887	31.485	1.061

Les administrations des grands réseaux ont fait les efforts les plus énergiques pour compenser les pertes de recettes par des économies. Les mesures prises dans ce but ont commencé, depuis trois ou quatre ans, à donner des résultats très sérieux, si bien que, malgré les augmentations de charges résultant d'une part de l'extension du réseau exploité, d'autre part de l'augmentation constante du capital à rémunérer par suite des travaux nouveaux, elles ont réussi à faire baisser un peu le chiffre annuel des insuffisances. Mais il ne faut pas oublier que les charges, dans l'avenir, continueront nécessairement à croître avec l'étendue des réseaux, et que le compte d'exploitation partielle accumule des déficits qui viendront un jour peser lourdement sur le compte de la garantie. Quelles prévisions peut-on former aujourd'hui sur la situation future qui en résultera? C'est ce que nous allons chercher à voir, pour les diverses compagnies.

Dans les calculs que nous devons faire à cet effet, nous admettrons que le délai qui s'écoulera, d'ici à l'époque où les lignes concédées en 1883 seront terminées, atteindra une douzaine d'années. Au moment du vote des conventions, on évaluait à dix années environ la durée d'achèvement de ces lignes. Mais depuis lors, la situation financière a obligé à ralentir sensiblement la marche des travaux. Dans un rapport présenté en 1887 au nom de la commission du budget, M. Baihaut estimait à dix-huit années environ le délai total nécessaire à l'exécution du programme de 1883, et jusqu'ici rien n'est venu démentir l'exactitude de ces prévisions. Nous supposons donc que toutes ces lignes seront ouvertes dans douze ans seulement, et que par suite le compte d'exploitation partielle ne sera nécessairement clos qu'à cette époque.

Nous calculerons à 4,5 p. 100 les charges d'intérêt et d'amortissement des emprunts que contracteront les compagnies pendant cette période. Les concessions des six grands réseaux expirent entre 1950 et 1960. La durée d'amortissement, pour les emprunts à contracter entre 1889 et 1901, sera donc comprise entre 50 et 72 ans. Le prix moyen de vente des obligations, en 1888, a été de près de 400 francs. A ce prix, les charges d'intérêt et d'amortissement en 70 ans, sont de 4,3 p. 100 du capital réalisé. En admettant que le taux d'intérêt actuel se maintienne pour les placements de cette nature (*), l'intérêt d'annuité et d'amortissement serait de 4,5 p. 100, quand la durée restant à courir sur la concession serait de 60 ans, et de 4,7 p. 100, quand cette durée descendrait à 50 ans. Ainsi, en évaluant à 4 1/2 p. 100 les charges des em-

(*) La fixité du taux d'intérêt suppose que le prix de vente des obligations augmente légèrement à mesure qu'on se rapproche de la fin de la concession, puisque, à mesure que la durée d'amortissement diminue, la chance de toucher la prime que comporte le remboursement à 500 francs, va en augmentant.

prunts à contracter d'ici à une douzaine d'années par les grandes compagnies, nous serons sans doute assez près de la vérité (*).

C'est en appliquant ces hypothèses à la situation qui résulte d'une part des conventions de 1883, d'autre part des comptes rendus présentés pour l'exercice 1888 aux assemblées générales des actionnaires tenues en 1889, que nous avons établi les prévisions exposées ci-après.

a) *Nord*. — La Compagnie du Nord est la seule qui n'ait jamais fait appel à la garantie d'intérêts. Les recettes touchaient même, en 1882, au chiffre pour lequel il devait y avoir partage des bénéfices avec l'État, et la question de savoir si le Trésor n'a pas aujourd'hui une créance de ce chef, est litigieuse.

La convention du 5 juin 1883 a autorisé la compagnie à faire figurer dans ses comptes, au point de vue du partage des bénéfices comme au point de vue de la garantie, les charges assumées par elle, tant en acceptant la concession de diverses lignes d'intérêt local, qu'en reprenant un grand nombre de lignes secondaires d'intérêt général ou d'intérêt local provenant de compagnies en déconfiture. Le déficit de ces lignes s'était élevé, pour l'exercice 1882, à 6 millions et demi, et devait, lorsqu'il y aurait lieu à partage des bénéfices, être imputé exclusivement sur la part de la compagnie, c'est-à-dire venir en diminution du dividende réservé avant partage. En admettant l'inscription de ce déficit dans les comptes au point de vue des rapports financiers avec l'État, on a donc accordé à la compagnie un avantage considérable,

(*) La concession du Nord expire en 1950, tandis que, pour les autres compagnies, le terme le plus rapproché est 1954. Mais les obligations du Nord sont à un cours un peu plus élevé, ce qui compense l'augmentation de charge qu'impose l'amortissement un peu plus rapide.

compensé en grande partie, il faut bien le reconnaître : 1° par l'importance de son concours à l'établissement des lignes nouvelles, qui représentait le coût total de ces lignes; 2° par l'abaissement du dividende réservé avant le partage des bénéfices, ramené de 89',10 à 87',60; 3° par l'augmentation de la part attribuée à l'État dans les excédents par rapport à ce dernier chiffre, portée de la moitié aux deux tiers.

Les recettes brutes totales du Nord qui, en 1883, avaient atteint 173 millions pour 3.296 kilomètres, sont descendues en 1885 et 1886 à 161 millions, puis ont remonté en 1887 à 165 millions, et en 1888 à près de 171 millions pour 3.590 kilomètres. Le dividende, qui était de 77 francs en 1882 (*), est tombé à 59 francs en 1886; et encore n'avait-il été porté à ce chiffre quo par le bénéfice des lignes belges et par un prélèvement sur les réserves, représentant ensemble environ 5 francs par action. Ainsi, bien que les dépenses eussent été, en quatre ans, diminuées de 18 millions par une série d'économies, et réduites à 75 millions seulement, l'exploitation des lignes françaises ne donnait qu'un produit net précisément égal au revenu garanti, répondant à un dividende de 54 francs par action. Il eût suffi que la baisse durât un an de plus, pour que la Compagnie du Nord fût dans le cas de faire appel à la garantie.

Mais l'amélioration réalisée en 1887 et en 1888, en portant la recette nette à 92 millions pour ce dernier exercice,

(*) Il n'y a qu'une contradiction apparente entre ce chiffre et le fait, énoncé ci-dessus, que le partage pouvait s'ouvrir en 1882, alors que le dividende ménagé avant le partage était de 89 francs. Les résultats du compte de la garantie auraient conduit en effet à un dividende dépassant 89 francs; mais le déficit des lignes exploitées par la Compagnie du Nord en dehors de ce compte jusqu'en 1883, absorbait la somme répondant à la différence entre ce chiffre supérieur à 89 francs et le dividende effectif de 77 francs.

a permis d'éviter ce fâcheux résultat. Le dividende pour 1888 a été 64 francs, fournis 58 francs par les lignes françaises, et 6 francs par les lignes belges. La Compagnie du Nord n'a actuellement qu'un compte d'exploitation partielle insignifiant, car c'est seulement jusqu'au 31 décembre qui suit leur ouverture que les charges des lignes nouvelles sont portées au compte d'établissement. Ainsi les seules dépenses dont les charges viendront s'ajouter à celles des emprunts déjà réalisés, en dehors des travaux complémentaires nécessités par le développement du trafic, sont les 90 millions affectés à la construction des lignes concédées en 1883, sur lesquels 19 millions étaient dépensés au 31 décembre 1887. Les plus-values de l'avenir permettront certainement de payer les 4 millions représentant l'intérêt et l'amortissement des capitaux à emprunter de ce chef, et l'on peut compter que la Compagnie du Nord continuera à ne pas faire appel à la garantie.

Pour produire, en outre de ces 4 millions, les 29,50 par action représentant l'écart entre le revenu donné par les lignes françaises du Nord en 1888 et le dividende réservé avant partage, il faudrait une augmentation du produit net de ces lignes atteignant 19 millions et demi, non compris les sommes nécessaires pour couvrir les charges des capitaux absorbés par l'exécution des travaux complémentaires, sommes dont nous aurons à évaluer plus loin (p. 269 et 270) l'importance relative.

b) *Paris-Lyon-Méditerranée*. — Jusqu'en 1883, cette compagnie, comme la précédente, n'avait jamais eu à faire appel à la garantie pour son réseau principal, dont nous devons d'abord nous occuper. Pour ce réseau, comme pour celui du Nord, en 1882, le partage des bénéfices était sur le point de s'ouvrir. La recette avait atteint, en 1883, 339 millions pour 6.900 kilomètres. En 1886,

elle est tombée à 304 millions pour 7.737 kilomètres, puis elle est remontée en 1887 à 313 millions, et en 1888 à 322 millions pour 7.838 kilomètres. Malgré l'ouverture de plus de 800 kilomètres de lignes, les dépenses ont été réduites, en cinq ans, de 166 à 141 millions. Cependant, nous avons vu que la compagnie n'a pu éviter de demander à l'État des avances importantes pendant plusieurs années ; mais, pour 1888, cet appel à la garantie a cessé, et même la Compagnie de Lyon doit verser à l'État une somme de 1 million de francs, à titre de remboursement.

La convention de 1883, loin de charger le compte de la garantie, a eu pour effet, au contraire, de diminuer l'importance de l'appel fait à l'État, en réduisant de 56',10 à 55 francs le dividende réservé. Cette réduction, portant sur 800.000 actions, a diminué de 880.000 francs le déficit annuel à combler au moyen des avances du Trésor.

Il est vrai que les anciennes lignes des Dombes, rachetées en 1883, couvrent à peine leurs frais d'exploitation, et qu'ainsi l'annuité de rachat, de 2.400.000 francs, grève le compte de la garantie. Mais, comme le rachat a fait cesser une concurrence gênante pour la compagnie, on ne peut le considérer comme une mesure onéreuse.

La dette de la compagnie vis-à-vis de l'État n'atteignant que 33 millions en capital, les perspectives d'avenir seraient très satisfaisantes, si le compte d'exploitation partielle ne contenait le germe d'une augmentation considérable des charges du compte de la garantie. Les lignes exploitées au compte de la garantie ne représentaient, en 1888, que 5.371 kilomètres. Le surplus des lignes ouvertes à cette époque figure au compte d'exploitation partielle. Nous avons dit que ce compte comprend les résultats donnés par un ensemble de lignes pour lesquelles l'intérêt des dépenses d'établissement faites par la com-

pagnie, augmenté s'il y a lieu des insuffisances de l'exploitation ou diminué du produit net, s'ajoute au compte d'établissement. Ce régime, déjà appliqué à 2.467 kilomètres, pourra être étendu, au fur et à mesure de leur ouverture, à toutes les autres lignes comprises dans les concessions de 1875 et de 1883, dont le développement atteint 1.500 kilomètres.

Dans ces 1.500 kilomètres figure pour 55 kilomètres la section de Die à Aspres, concédée en 1875 et sur laquelle il ne restait à dépenser qu'un million et demi, à la fin du dernier exercice. Le surplus provient uniquement des conventions de 1883; la part contributive de la compagnie, dans les dépenses d'établissement, est fixée à 25.000 francs par kilomètre, auxquels s'ajoute la fourniture de l'outillage et du matériel roulant, qui doit entraîner une dépense à peu près égale; soit au total environ 73 millions. Enfin les dépenses restant à faire sur la ligne de La Joliette à Lestaque, concédée en 1863 et qui n'a été commencée qu'en 1884, s'élevaient au 31 décembre 1888 à 5 millions. On peut donc évaluer à 80 millions environ le capital à dépenser par la compagnie, pour l'achèvement de son réseau, et les charges annuelles d'intérêt et d'amortissement correspondantes atteindront près de 4 millions.

Mais le capital du compte d'exploitation partielle ne se grossit pas seulement par l'exécution des travaux neufs; il s'augmente chaque année de toutes les insuffisances de l'année précédente. Jusqu'en 1883, la Compagnie de Lyon n'avait usé qu'exceptionnellement, et pour une somme de 5.200.000 francs en tout, de la faculté d'ajouter au capital l'intérêt des dépenses faites sur les lignes récemment concédées, lorsque les recettes ne le couvrent pas. Depuis cette époque, elle use régulièrement de ce droit, et les sommes dont elle a ainsi grossi le compte d'établissement, atteignent les chiffres suivants :

250 LA GARANTIE D'INTÉRÊTS ET SON APPLICATION

1883.	8.808.000
1884.	17.263.000
1885.	17.981.000
1886.	19.800.000
1887.	20.157 000
1888.	20.217.000

Total. 104.226.000

Il est certain que les insuffisances annuelles continueront d'aller en croissant plutôt qu'en diminuant. En effet, chaque année de nouvelles dépenses viennent s'ajouter aux dépenses antérieures, tant pour l'exécution des travaux que par la capitalisation des intérêts, et, d'autre part, les recettes nettes ne peuvent augmenter beaucoup. En 1888, les 2.467 kilomètres exploités à ce compte ont donné une recette nette de 9 millions seulement. Les lignes nouvelles qui viendront s'y ajouter couvriront sans doute à peine leurs frais d'exploitation, au moins dans les premières années, en sorte que le déficit annuel total ira sans cesse en augmentant.

Pendant combien de temps ce déficit se capitaliserait-il ? Nous avons évalué à douze années la période d'achèvement des lignes concédées en 1883, période pendant laquelle la compagnie pourra user du droit d'ajouter les intérêts au capital. Elle n'en usera sans doute pas intégralement ; elle aura avantage, en effet, à affecter les plus-values de l'ensemble de ses lignes à combler les insuffisances de ce compte, avant de rembourser les avances de l'État, puisque ces avances portent intérêt simple à 4 p. 100, tandis que, quand elle recourt à des émissions, elle a à payer les intérêts des intérêts au taux de 4 1/4 ou 4 1/2. Déjà, pour 1888, en employant une fraction de ses plus-values au remboursement de l'État, elle en a consacré une fraction plus considérable à dégrever le compte d'exploitation partielle, ou plutôt à diminuer l'accroissement des charges de ce compte. Mais, évidemment,

ce n'est pas avant plusieurs années qu'elle pourra renoncer au système qu'elle a adopté pour les six derniers exercices. Supposons qu'elle continue d'ajouter au capital des lignes nouvelles une vingtaine de millions par an, en moyenne ; si cette situation se prolonge pendant cinq années, cela fera encore 100 millions, et si elle dure dix ans, 200 millions. C'est donc une somme de 100 à 200 millions que la capitalisation des intérêts aura ajoutée aux 80 millions à dépenser en travaux et en matériel ; et les charges d'intérêts et d'amortissement de l'ensemble de ces capitaux représentent de 8 à 12 millions, qui viendront s'ajouter aux 20 millions de déficit que présentait, en 1888, le compte d'exploitation partielle (*).

Nous pouvons donc évaluer à environ une trentaine de millions les charges annuelles qui devront s'ajouter peu à peu à celles du compte de la garantie, par la suppression progressive du compte d'exploitation partielle. Comme le compte de la garantie, pour l'exercice 1888, est établi avec des ressources excédent ses charges de 1 million, c'est une augmentation de produit net de 29 millions qui sera nécessaire à la compagnie, après remboursement de sa dette, pour aligner son budget, avec le dividende fixe de 55 francs, sans recourir à l'État et sans capitaliser les intérêts de ses emprunts. Le revenu net ayant atteint, en 1888, 181 millions, l'augmentation nécessaire serait de 16 p. 100. C'est là une plus-value que l'on peut raisonnablement espérer voir se réaliser, d'ici à la fin de la période d'achèvement des lignes de 1883.

(*) Dans la vérification des comptes, on a contesté la régularité de l'inscription, au compte de l'exploitation partielle, des charges afférentes à diverses lignes, concédées avant 1875 et ouvertes postérieurement à cette date. S'il était définitivement reconnu que les écritures de la compagnie doivent être rectifiées sur ce point, un déficit d'une dizaine de millions devrait passer du compte de l'exploitation partielle à celui de la garantie.

Dès qu'elle sera réalisée, la compagnie devra rembourser sa dette à l'État, et chaque nouvelle plus-value de 1 p. 100 sur la recette nette permettra d'augmenter le montant annuel du remboursement d'environ 2 millions. La dette sera donc assez promptement éteinte.

Pour arriver au partage des bénéfices, après le remboursement, il faudrait qu'aux 29 millions nécessaires pour aligner le budget, d'après les calculs ci-dessus, vinssent s'ajouter les 16 millions (20 francs par action) représentant l'écart entre le dividende garanti et le dividende réservé avant partage ; il faudrait donc une augmentation totale de recette nette de 45 millions, en sus de ce qui serait absorbé par l'intérêt des dépenses faites pour les travaux complémentaires (*).

En dehors de son réseau principal, auquel s'appliquent les calculs que nous venons de faire, la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée est, comme nous l'avons dit, concessionnaire en France de la ligne du Rhône au Mont-Cenis, reprise en 1867 à la compagnie Victor-Emmanuel. Cette ligne, d'une longueur de 144 kilomètres, a donné, de 1885 à 1888, des recettes brutes annuelles variant entre 5 et 6 millions, et des recettes nettes de 1.500.000 à 2.500.000. Le revenu garanti atteignait 4.600.000 francs en 1888, de sorte que, chaque année, il est fait appel à la garantie pour une somme égale ou même supérieure au produit net. Pour 1888, ce produit n'atteint pas 2 millions, tandis que l'appel à la garantie dépasse 2.500.000. Il faudrait que la recette fût plus que doublée, pour que le Trésor n'eût plus d'avances à faire ; on peut donc avoir la certitude que la garantie jouera bien au delà des périodes sur lesquelles on peut raisonner avec quelque vraisemblance.

(*) Voir pages 269 et 270 des indications sur l'importance des charges qu'entraînent ces travaux pour un développement de trafic donné.

La créance de l'État a atteint aujourd'hui 56 millions, en capital et intérêts, et elle est destinée à augmenter indéfiniment, car l'intérêt annuel des avances du Trésor, au taux de 4 p. 100, dépasse déjà 1.500.000, et croît plus vite que la recette ne croîtra jamais.

La Compagnie de Lyon exploite ainsi, simplement au compte de l'État, la ligne qui dessert nos relations avec l'Italie. Ce serait là une situation déplorable, si le trafic de cette ligne n'était pas tellement solidaire de celui de l'ensemble du réseau, que la compagnie reste nécessairement intéressée à le développer, sinon à cause des recettes que les voyageurs et les marchandises donnent entre le Rhône et le Mont-Cenis, du moins en vue du parcours qu'ils effectuent sur les autres lignes. Malgré ce correctif, cette situation entraîne d'assez graves inconvénients pour les finances publiques, ne fût-ce qu'au point de vue de la répartition du trafic dans tous les cas où il existe, entre deux points, deux itinéraires empruntant l'un une ligne du réseau spécial, l'autre une des autres lignes qui appartiennent à la compagnie et dont celle-ci a intérêt à grossir les recettes, au détriment de celles du réseau spécial. Il y aurait évidemment tout intérêt à mettre fin à cet état de choses, en réunissant le chemin de fer du Rhône au Mont-Cenis à l'ensemble du réseau de Lyon. Cette réunion équivaldrait à un sacrifice annuel de 2 millions à 2.500.000 fait par la compagnie, puisque un déficit égal, aujourd'hui entièrement supporté par l'État, viendrait peser sur les recettes dont les plus-values peuvent, dans un avenir pas trop éloigné, augmenter son dividende. Il faudrait donc, pour obtenir son assentiment, lui offrir une compensation, sans parler de l'abandon de la créance irrécouvrable qu'a actuellement le Trésor. Ce serait sans doute un rôle ingrat que de soutenir devant les Chambres une convention impliquant des sacrifices de l'État, pour obtenir une simple fusion de deux comptes.

Mais, comme cette fusion allègerait la garantie, dans l'avenir, de plus de deux millions par an, comme elle simplifierait les rapports de l'État avec la compagnie et créerait une situation bien plus favorable au développement du trafic et à la réduction des dépenses d'exploitation, elle constituerait en réalité une amélioration considérable.

La Compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée est, en outre, concessionnaire des deux premières lignes créées en Algérie, celles de Constantine à Philippeville et d'Alger à Oran. Ces deux lignes jouissent d'une garantie à 5 p. 100, sur un capital de 80 millions au maximum. Leur longueur est de 513 kilomètres ; le tableau suivant fait connaître les résultats de leur exploitation pour les derniers exercices :

EXERCICES	RECETTE brute	RECETTE nette	AVANCES demandées à l'État
1883	7.711.000	3.022.000	1.133.000
1884	8.601.000	3.588.000	530.000
1885	10.095.000	4.580.000	— 470.000
1886	10.086.000	4.536.000	— 346.000
1887	9.073.000	3.927.000	250.000
1888	9.029.000	3.694.000	547.000

On voit qu'il y a eu tantôt appel à la garantie, tantôt reversement, et qu'on est à peu près à l'état d'équilibre depuis quelques années. La dette, pour les avances antérieures, s'élève à 27 millions en capital et 10.500.000 francs en intérêt. Pour ne plus faire appel à la garantie, il faudrait réaliser, par rapport aux recettes nettes de l'exercice 1888, une plus-value de près de 15 p. 100, et pour payer l'intérêt annuel de la dette, qui est de 1.080.000, une nouvelle plus-value presque

double. Dans un pays en pleine période de développement comme l'Algérie, on peut espérer voir se réaliser des augmentations de cet ordre dans un délai qui ne soit pas excessif, et la diminution ou même l'extinction de la dette n'est pas absolument invraisemblable.

La Compagnie de Lyon a dépensé 84 (*) millions sur son réseau algérien; par suite, il y a 4 millions de dépenses dont l'intérêt restera à la charge des actionnaires jusqu'à parfait remboursement des avances de l'État. La compagnie a cherché, dans ces dernières années, à obtenir l'extension de la garantie à ce capital, sans que l'administration ait cru devoir accueillir ses demandes. Il faut remarquer, en effet, que le taux fixé d'une part pour la garantie, d'autre part pour la conversion en annuités des subventions données pour la construction des lignes d'Algérie, étant supérieur aux charges réelles des emprunts de la compagnie, celle-ci trouve là un bénéfice qui excède de 150.000 francs, en 1888, la perte résultant du dépassement du capital, même sans tenir compte des intérêts d'une réserve de 3 millions constituée avec les bonis.

c) *Est.* — La Compagnie de l'Est, en 1883, avait eu 137,5 millions de recettes pour 3.523 kilomètres exploités. La recette brute est descendue à 128 millions en 1885 et 1886, pour remonter à 130 en 1887, et à 133 millions en 1888, avec une longueur de 4.484 kilomètres en exploitation. Les dépenses d'exploitation ont été diminuées de 7 millions de 1884 à 1888.

L'appel à la garantie, pour le dernier exercice, a été de près de 10 millions et demi. Le réseau exploité au

(*) Ce chiffre diffère notablement de celui que nous avons indiqué dans la première édition de notre mémoire, par suite de rectifications opérées par la Commission de vérification des comptes et acceptées par la Compagnie.

compte de la garantie comprenait 3.654 kilomètres et a donné 121 millions et demi de recettes pour 72 millions de dépenses. Le compte d'exploitation partielle, avec une longueur moyenne exploitée de 791 kilomètres, a eu 8 millions et demi de recettes et 6 millions et demi de dépenses d'exploitation. Les intérêts et l'amortissement des capitaux correspondants exigeant 5 millions et demi, il a fallu porter 3 millions et demi au compte d'établissement. C'est donc un déficit d'égale somme qui, ajouté à l'appel fait à la garantie, porte à 14 millions l'insuffisance totale des produits de l'exercice pour couvrir les charges des capitaux et le dividende garanti.

Quel est le montant des capitaux que le jeu des conventions viendra ajouter à ceux dont les charges figurent déjà dans ces comptes? Les lignes concédées antérieurement à 1883 sont toutes ouvertes actuellement. Elles n'apporteront donc plus qu'un faible contingent de charges. La convention de 1883 a imposé à la compagnie des dépenses dont le montant total est d'environ 200 millions, savoir :

1° Le remboursement de sa dette, arrêtée à 150 millions ;

2° Un concours de 25.000 francs par kilomètre pour 1.039 kilomètres de lignes en construction ou à construire, soit 26 millions environ ;

3° La fourniture du matériel et de l'outillage, évaluée à une somme à peu près égale.

En paiement des 176 millions formant les deux premiers articles, la compagnie s'est engagée à exécuter certains travaux d'établissement et d'agrandissement des gares de jonction ou de superstructure des lignes nouvelles, dont le montant a été évalué à forfait à ce chiffre de 176 millions. Sur ce total, il avait été dépensé, au 31 décembre 1887, 47 millions, portés pour les quatre cinquièmes au compte de l'exploitation partielle, le dernier

cinquième figurant seul au compte de la garantie. La majeure partie des 150 millions environ restant à dépenser, tant pour l'achèvement de ces travaux que pour l'acquisition du matériel, viendrait également, si l'on continuait à appliquer les bases de répartition suivies jusqu'ici, grossir le capital du compte de l'exploitation partielle; ce capital s'accroîtrait en outre des insuffisances annuelles, jusqu'à l'achèvement des lignes de la convention de 1883. Les insuffisances, pour les exercices futurs, dépasseront certainement le chiffre atteint en 1888; car le capital dont les intérêts y sont portés croîtra plus rapidement que les recettes, et les 150 millions restant à dépenser donneront une augmentation des charges annuelles à capitaliser atteignant, peu à peu, près de 7 millions. En supposant que ce compte reste ouvert 12 ans, on ne peut évaluer à moins de 60 ou 80 millions les déficits qui s'ajouteraient au compte d'établissement.

150 millions de dépenses à faire et 70 millions ainsi capitalisés répondraient à une charge annuelle de 10 millions, qui s'ajouterait successivement au déficit actuel de 14 millions.

Nous devons faire remarquer que la Chambre a voté un projet de loi, en ce moment soumis au Sénat, et portant approbation d'une convention avec la Compagnie de l'Est, en vertu de laquelle le compte d'exploitation partielle serait clos au 31 décembre 1889. Si ce projet est adopté, comme cela paraît certain, la garantie s'accroîtra immédiatement des déficits de ce compte; mais, par contre, elle n'aura plus à supporter, dans l'avenir, les charges des déficits capitalisés qui, comme nous venons de le voir, auraient atteint une somme considérable.

Jusqu'ici la convention de 1883 n'a guère augmenté que de 400.000 francs à peu près l'appel à la garantie fait par la compagnie de l'Est, puisque, sauf 9 millions environ, les dépenses mises à la charge de la compagnie

ont figuré au compte d'exploitation partielle et que l'augmentation du dividende, de 33 francs à 35',50, n'a été que la conséquence des droits antérieurement acquis.

d) *Ouest*. — En 1883, la longueur moyenne du réseau exploité était de 3.672 kilomètres, et la recette de 135 millions. Montée à 138 millions en 1884, puis redescendue à 134 millions en 1885 et 1886, la recette est remontée à 136 millions et demi en 1887, et à 137 millions et demi en 1888, pour une longueur moyenne exploitée de 4.500 kilomètres. Elle a donc moins varié que sur les autres réseaux. La Compagnie de l'Ouest, la seule qui n'ait pas cessé de faire appel à la garantie pendant les années les plus prospères, n'a pas eu à augmenter beaucoup, depuis lors, le montant de ses demandes, qui a été de près de 12 millions en 1888. L'appel à garantie avait été ramené à 10 millions et demi en 1887, grâce à la réalisation de 3 millions d'économies sur les dépenses annuelles, obtenues de 1884 à 1887; l'augmentation qui s'est produite en 1888 tient à des charges accidentelles, dues à la reconstruction de la gare Saint-Lazare.

Le compte d'exploitation complète a compris 3.761 kilomètres de lignes, ayant donné près de 133 millions de recette brute, et 60 millions de recette nette. Le compte d'exploitation partielle, pour une longueur moyenne de 729 kilomètres, a eu une recette brute de 4 millions et demi, et 5 millions de dépenses. Les intérêts et l'amortissement à payer par la compagnie pour les dépenses de construction des lignes de ce compte s'étant élevés à 5 millions et demi, cette somme, jointe aux insuffisances de l'exploitation, a porté à plus de 6 millions le déficit à inscrire au compte d'établissement.

Ainsi 12 millions demandés à la garantie et 6 millions portés au compte d'établissement donnent pour 1888 un déficit de 18 millions.

Les éléments d'augmentation future de ce déficit se chiffrent ainsi qu'il suit :

Sur les lignes concédées en 1875, trois seulement restaient à ouvrir au 31 décembre 1888 : la ligne de Courbevoie au pont de l'Alma, à peu près terminée et sur laquelle il restait à dépenser environ 5 millions, et les lignes de Lillebonne à Port-Jérôme et d'Auteuil à Boulogne, longues de 7 kilomètres, et dont les travaux, non encore commencés, sont évalués à 3 millions.

Les lignes en construction ou à construire, concédées en 1883, avaient un développement de 1.600 kilomètres, sur lesquels 500 ont été ouverts depuis. Le concours à fournir par la compagnie, pour les 1.100 kilomètres restant, représente 25 millions et demi en travaux et autant en matériel et outillage (*).

Cela fait donc, au total, 62 millions qui viendront s'ajouter au capital du compte d'exploitation partielle, et les intérêts de cette somme, s'élevant à 2 millions et demi, porteront de 6 millions à 8 millions et demi le déficit annuel correspondant aux lignes en exploitation partielle, en admettant que les insuffisances de l'exploitation n'augmentent pas, ce qui paraît probable d'après l'examen des éléments de trafic des lignes concédées à l'Ouest en 1883.

Si nous supposons que le compte d'exploitation partielle reste ouvert pendant 12 ans, nous voyons que le montant des emprunts à réaliser pour couvrir les déficits à porter au compte d'établissement atteindra 80 à 90 millions.

C'est donc à près de 150 millions qu'on peut chiffrer

(*) La loi du 10 décembre 1885, en autorisant la substitution de la voie étroite à la voie large pour une partie des lignes concédées en Basse-Bretagne, a augmenté l'étendue du réseau de 50 kilomètres, mais sans modifier le montant des charges de la compagnie.

l'augmentation à prévoir dans le capital dont les charges figurent au compte d'exploitation partielle, et l'annuité correspondante d'intérêt et d'amortissement sera de 6 millions et demi environ.

La compagnie doit en outre dépenser, en travaux sur les lignes nouvelles et dans les gares de jonction, une somme de 160 millions, pour le remboursement de sa dette envers l'État antérieure à 1883. Les dépenses déjà faites de ce chef atteignent aujourd'hui 19 millions. Les charges des obligations émises pour le remboursement de la dette s'imputent sur le capital à rembourser, pendant toute la période d'exécution des travaux, c'est-à-dire jusqu'à la clôture du compte d'exploitation partielle. Le montant total des charges qui, à ce moment, viendront s'ajouter de ce chef au compte de la garantie, représentera donc 4,5 p. 100 sur une somme fixe de 160 millions, soit un peu plus de 7 millions (*).

Ainsi, le déficit annuel à couvrir dans un avenir assez rapproché, comprendra, en outre des 18 millions de déficit constatés pour 1888, 6 millions et demi pour charges de capitaux ajoutés au compte d'exploitation partielle et 7 millions pour charges des capitaux affectés au remboursement de la dette, soit au total environ 31 millions et demi.

La convention de 1883 n'a, jusqu'ici, grevé d'aucune augmentation le compte de la garantie, puisque, comme pour l'Est, l'augmentation du dividende était antérieurement acquise, et que la totalité des dépenses en travaux figure à des comptes spéciaux. Un projet de loi

(*) On a soulevé la question de savoir si, tout en conservant pour le remboursement de la dette un compte d'ordre où se capitaliseraient les intérêts de la dette, il n'y aurait pas lieu de porter immédiatement les charges effectives au compte de la garantie ou au compte d'exploitation partielle, selon la situation des lignes où les travaux ont été exécutés. La question est pendante.

voté par la chambre et soumis au Sénat doit, pour l'Ouest, non pas supprimer complètement le compte d'exploitation partielle, mais en faire sortir toutes les lignes concédées en 1875, ce qui, en fait, équivaldra à sa clôture complète; car la ligne d'Argenteuil à Mantes, concédée en 1883, donnera sans aucun doute des recettes suffisantes pour que le compte, ainsi allégé, ne soit plus en déficit.

e) *Orléans*. — En 1883, la Compagnie d'Orléans avait exploité, en moyenne, 4.500 kilomètres et fait 178 millions de recettes. Après s'être soutenue en 1884, la recette est tombée à 176 millions en 1885; à 166 en 1886; et à 165,5 en 1887. La reprise du trafic ne s'est donc pas produite dans l'année 1887, et les recettes de l'année 1888, pour une longueur moyenne exploitée de 6.035 kilomètres, ne dépassent pas 165 millions.

A la crise générale qui a sévi sur toute l'Europe, aux causes particulières d'appauvrissement résultant, pour la région desservie par le réseau d'Orléans, du phylloxera et du déplacement de l'industrie métallurgique, sont venus s'ajouter, comme élément de baisse dans le revenu, les détournements produits par le réseau de l'État. La convention du 28 juin 1883 a prévu, pour l'avenir, la concurrence entre les deux réseaux. Mais l'application des dispositions qu'elle renferme sur le partage du trafic, a enlevé au réseau d'Orléans, pour les donner à celui de l'État, au moment de l'ouverture de la ligne de Paris à Bordeaux par Saumur (juillet 1886), des transports représentant plusieurs millions de recette annuelle. Des efforts énergiques ont permis de réaliser, de 1884 à 1888, 15 millions d'économies, et de maintenir le produit net à 79 millions en 1888. Néanmoins les avances demandées à l'État pour cet exercice dépassent 16 millions.

Le dividende des actionnaires n'a pas été modifié en

1883. La convention du 28 juin n'a donc pas augmenté, de ce chef, les charges de la garantie. On ne peut pas non plus considérer comme un résultat de cette convention la perte de trafic due à l'ouverture des lignes du réseau d'État, puisque, loin de créer la concurrence, elle en a limité les effets. Les échanges de lignes faits entre les deux réseaux donnent lieu au paiement d'une soulte qui se calcule d'après la recette réalisée sur les lignes échangées; ils n'ont donc pas davantage modifié la situation financière. Les charges des emprunts contractés pour le remboursement de la dette et pour le concours aux lignes nouvelles ne figurent pas encore au compte de la garantie, et si les résultats de ce compte ont été si gravement modifiés depuis 1883, il faut reconnaître que la convention n'y est pour rien.

La longueur moyenne des lignes exploitées au compte de la garantie, était de 5.106 kilomètres en 1888. Celle des lignes exploitées au compte de l'exploitation partielle était de 899 kilomètres, et la recette brute de 4.200.000 francs, inférieure de 40.000 francs à la dépense d'exploitation. En y ajoutant l'intérêt des capitaux, l'insuffisance totale portée au compte d'établissement a été de 2.200.000. En joignant cette insuffisance à la somme que l'État a avancée, on constate, pour 1888, un déficit de 18 millions et demi.

Quelles sont les augmentations de charges à prévoir? Pour le compte de la garantie, il faut tenir compte des intérêts de la somme dépensée pour le remboursement de la dette, arrêtée à 205 millions par la convention de 1883, et des 12 millions à dépenser en vertu de la même convention pour la transformation de la ligne de Paris à Limours. Ce capital de 217 millions, à ajouter aux sommes dont les intérêts figuraient déjà au compte de la garantie en 1888, augmentera d'environ 9 millions et demi les charges annuelles. Cette augmentation con-

sidérable se produira à très brève échéance, car, à l'inverse des compagnies de l'Ouest et de l'Est qui remboursent leur dette en travaux dont l'exécution se répartira sur toute la période d'achèvement des lignes concédées en 1883, la Compagnie d'Orléans a dû affecter ce remboursement aux premiers travaux exécutés sur les lignes nouvelles, en sorte qu'il est aujourd'hui complètement réalisé, et que, dès 1889, la compagnie ne pourra plus, comme elle l'a fait jusqu'ici, imputer sur le capital à rembourser les intérêts des emprunts contractés pour le paiement de sa dette. Il y a donc là un élément considérable et prochain d'augmentation pour les charges de la garantie d'intérêts.

Pour le compte d'exploitation partielle, nous n'avons à examiner que la situation des lignes concédées en 1883, la Compagnie d'Orléans n'ayant pas augmenté son réseau en 1875. La convention de 1883 lui a concédé 2.400 kilomètres de lignes environ, y compris les lignes non dénommées. Les dépenses à sa charge sont les suivantes :

- 1° 40 millions pour la ligne de Montauban à Brive ;
- 2° 25.000 francs par kilomètre pour les autres lignes, soit, pour 2.160 kilomètres, 54 millions ;
- 3° Le matériel roulant et l'outillage, le tout évalué à environ 50 millions.

Soit au total 144 millions environ.

Les charges annuelles de ce capital, à 4 1/2 p. 100, atteindront 6 millions et demi. La part afférente aux sommes déjà dépensées, figure pour 1.800.000 francs dans le déficit du compte d'exploitation partielle en 1887. Le surplus augmentera donc ce déficit, peu à peu, de 4.700.000 par an.

Les insuffisances du compte d'exploitation partielle capitalisées de 1883 à 1888, dépassaient déjà 7 millions. En supposant que, pendant les douze années à venir, l'insuffisance annuelle croisse de 2 millions à 7 millions et soit en

moyenne de 4 millions et demi, les sommes ainsi ajoutées au capital d'établissement atteindraient environ 60 millions, donnant une charge d'intérêts de 2.700.000 francs. Ce calcul suppose que l'excédent des dépenses de l'exploitation sur les recettes, qui est de 400.000 francs pour 1887 et 1888, n'ira pas en augmentant, et que les plus-values des premières lignes ouvertes compenseront les déficits nouveaux qui s'ajouteront aux anciens, d'année en année, par l'ouverture de lignes de moins en moins productives. On pourrait, il est vrai, chercher à tenir compte de la recette nette à espérer sur la ligne de Limoges à Montauban, qui aura un certain trafic ; mais, comme ce trafic sera enlevé à des lignes appartenant à la compagnie, on ne saurait en faire état ; si on le portait au crédit des lignes neuves, il faudrait le défalquer du produit des anciennes, et il y aurait compensation.

Ainsi, aux 18 millions et demi de déficit constaté en 1888, il faut ajouter les augmentations de charges à prévoir, qui atteindront 9 millions et demi pour le compte de la garantie, et 7 millions et demi pour le compte d'exploitation partielle. C'est donc un total de 35 millions et demi (non compris les charges des travaux complémentaires) que les plus-values de recette nette auront à couvrir pour faire cesser l'appel à la garantie.

f) *Midi*. — Comme nous l'avons déjà dit, la Compagnie du Midi est celle pour laquelle les événements postérieurs à 1883 se sont le plus profondément écartés des faits qu'il était rationnel de prévoir à cette époque.

En 1883, elle exploitait 2.389 kilomètres qui avaient donné 98 millions de recette. Dès 1884, la recette tombait à 92 millions ; elle descendait jusqu'à 83 millions en 1886, pour remonter à 86 millions en 1887, et retomber en 1888, à 85 millions. La baisse des recettes a donc été particulièrement accentuée sur le réseau du Midi, où elle

a atteint 15 p. 100 en trois ans. Ce fait s'explique en partie par la gravité exceptionnelle que les ravages du phylloxera ont eue, pour la région desservie par ce réseau : non seulement le trafic des vins a diminué, et les vins d'Espagne et d'Italie, qui remplacent dans la consommation ceux du Midi de la France, prennent en partie la voie maritime au lieu d'emprunter le chemin de fer, mais encore plusieurs départements, qui étaient autrefois parmi les plus riches de la France, ont été considérablement appauvris, et tout l'ensemble du trafic s'en est ressenti. L'avenir des recettes dépend donc surtout de la reconstitution du vignoble, qui pourrait rendre à la région son ancienne prospérité et amener par suite aux chemins de fer des plus-values de recette particulièrement importantes.

Les lignes exploitées au compte de la garantie, d'une étendue de 2.506 kilomètres, ont donné, en 1888, 83 millions de recette brute et 39 millions de recette nette, grâce à la réalisation, en trois ans, de 10 millions d'économie sur les dépenses. Les canaux, en 1887, ont donné une recette brute de 1.400.000 francs, une recette nette de 400.000 francs, inférieure de 550.000 francs au loyer que paye la compagnie pour l'affermage du canal du Midi.

Nous avons vu que l'avance demandée à l'État a été de 12 millions. Sur cette somme 2.500.000 francs répondent à l'augmentation du dividende; 1.500.000 francs environ représentent l'intérêt des emprunts contractés pour le remboursement anticipé de la dette de 34 millions, qui a eu lieu en 1884. Tout le surplus provient de la baisse du trafic et est absolument étranger aux conventions de 1883.

Le compte d'exploitation partielle, pour une longueur moyenne de 338 kilomètres en exploitation, a donné 1.700.000 francs de recettes et 1.900.000 francs de dépenses; cela fait donc 200.000 francs d'insuffisances, qui ont été ajoutés au capital, en outre d'une somme de

3.700.000 francs pour intérêts pendant la construction, soit au total près de 4 millions de charges annuelles capitalisées au compte d'exploitation partielle.

Le capital dépensé antérieurement au 31 décembre 1888, ou restant à dépenser à cette date, par la compagnie, pour les lignes dont les charges figuraient au compte d'exploitation partielle en 1888, ou viendront s'y ajouter ultérieurement, peut s'évaluer ainsi :

	SOMMES dépensées.	SOMMES à dépenser.
	millions.	millions.
Lignes concédées avant 1875 [Mazamet à Bédarieux, Marvejols à Neussargues (*)]. . .	23	3
Lignes concédées en 1875	54	17
Lignes concédées en 1883 : 1.200 kilom. (lignes non dénommées comprises). . .	2	58
Totaux	79	78

Ces chiffres comprennent le matériel et l'outillage; ils comprennent en outre, parmi les sommes dépensées, 21 millions environ pour insuffisances de l'exploitation et intérêts pendant la construction.

Sur ce total de dépenses faites ou à faire, 26 millions, afférents aux deux lignes concédées avant 1875, seront reportés au compte capital donnant lieu à garantie, à l'époque prochaine où ces deux lignes seront complètement ouvertes, et augmenteront, dès 1890, de plus de 1 million le déficit annuel à combler par les avances de l'État, en diminuant d'autant le déficit à capitaliser au compte d'exploitation partielle. Ce déficit serait ainsi ramené de 4 à 3 millions environ; mais il s'accroîtra ensuite progressivement des charges des 75 millions restant à dépenser sur les lignes concédées en 1875 et 1883,

(*) Nous laissons de côté la ligne du Pont-de-Mongon à Arvant, dont l'exécution est ajournée à une époque indéterminée. La ligne de Mazamet à Bédarieux a été ouverte en 1888, et celle de Marvejols à Neussargues en 1889.

charges représentant près de 3.500.000 francs. Ainsi, même en admettant que les insuffisances annuelles de l'exploitation des lignes nouvelles n'augmentent pas, par le seul fait des travaux à exécuter, les déficits annuels du compte d'exploitation partielle croîtraient de 3 millions à 6.500.000 francs. Mais la capitalisation, pendant les douze années nécessaires à l'achèvement du programme de 1883, de ces déficits dont la moyenne sera de près de 5 millions, représente un nouveau capital de 55 à 60 millions, et par suite une nouvelle charge annuelle d'environ 2.500.000 francs, portant à 9 millions les déficits qui viendront grever la garantie, lors de la suppression du compte d'exploitation partielle.

Ainsi, 12 millions de garantie en 1888 et 1 million pour intérêt des capitaux des lignes qui viendront à la garantie en 1889 et 1890; 9 millions, tant pour intérêts des capitaux qui resteront ou viendront s'ajouter, pendant une douzaine d'années, au compte d'exploitation partielle, que pour insuffisances de l'exploitation des lignes figurant à ce compte, donnent un déficit total, à combler dans l'avenir, de 22 millions par an.

Degré de probabilité du remboursement des avances de l'État pour les quatre dernières compagnies, et du partage des bénéfices pour les deux premières. — Nous avons vu que, pour la compagnie du Nord et pour le réseau principal de celle de P.-L.-M., il est peu probable qu'il soit fait dans l'avenir appel à la garantie, tandis que pour le réseau du Rhône au Mont-Cenis, le recours à la garantie sera presque certainement perpétuel. Pour les autres compagnies, les prévisions d'avenir ne sont pas aussi faciles à établir. Nous allons tâcher, cependant, de nous faire une idée du temps pendant lequel les avances de l'État pourront être encore nécessaires, et des chances

qu'il y a pour que ces avances lui soient remboursées avant l'expiration des concessions.

Ces quatre compagnies, sans aucun doute, continueront à recourir à la garantie pendant de longues années encore. En effet, pour que le trafic fournisse un revenu égal au revenu garanti, il faudra que les recettes nettes aient une plus-value suffisante, d'abord pour combler le déficit constaté en 1888, puis pour couvrir les charges des capitaux qui viendront s'ajouter, soit par l'exécution de travaux neufs, soit par la suppression des comptes d'exploitation partielle, à ceux dont les intérêts figurent déjà au compte de la garantie. Nous avons vu que cette plus-value devrait atteindre :

24 millions pour l'Est,
31 millions et demi pour l'Ouest,
35 millions et demi pour l'Orléans,
22 millions pour le Midi.

L'augmentation de la recette brute nécessaire pour produire cette augmentation de produit net devrait en être au moins double. En effet, tout développement du trafic entraîne nécessairement de nouvelles dépenses d'exploitation : accroissement du personnel, du nombre des trains, etc... Le coefficient d'exploitation, ou rapport de la dépense à la recette brute, a été dans ces dernières années, pour nos réseaux d'intérêt général, de 45 à 60 p. 100. Sans doute, il y a, dans les frais d'exploitation, une certaine partie constante et, par suite, sur les lignes anciennes, l'augmentation de la dépense est loin d'être proportionnelle à celle des recettes. Mais, par contre, toutes les recettes réalisées sur les lignes nouvellement ouvertes correspondent à une augmentation de dépenses qui leur est égale, sinon supérieure ; car il est bien peu de lignes, parmi celles que l'on achève aujourd'hui, qui couvrent leurs frais d'exploitation dans les premières années. Ainsi, dans les augmentations de recettes brutes

d'un réseau en voie de développement, il faut distinguer deux éléments : les plus-values sur les lignes anciennes, qui entraînent une augmentation de dépenses sensiblement inférieure à 50 p. 100 de leur valeur brute, et les produits de l'ouverture des lignes nouvelles, corrélatifs d'augmentations de dépenses qui dépassent 100 p. 100 de la recette brute. Le premier de ces éléments est, il est vrai, le plus important, car une plus-value de 1 p. 100 sur l'ensemble des recettes des lignes en exploitation des six grands réseaux, représente 10 millions, tandis que l'ouverture de 500 à 600 kilomètres de lignes nouvelles ne donne guère que 2 à 3 millions de recette brute ; néanmoins, le rôle de ces ouvertures, dans les variations du coefficient d'exploitation, ne doit pas être négligé.

D'un autre côté, tout développement de trafic entraîne l'exécution de travaux complémentaires : création ou agrandissement de gares, doublement des voies, addition de signaux, augmentation de matériel, etc. Or, nous n'avons pas tenu compte, dans les chiffres donnés plus haut pour l'augmentation du capital à rémunérer, de cet important élément. Le chiffre des emprunts qu'il entraînera n'est pas, en effet, et ne pouvait pas être réglé dans les conventions, puisqu'il dépendra des besoins du service. Dans les conventions passées, en 1880 et 1882, entre M. Varroy et la Compagnie d'Orléans (conventions qui ne sont pas venues en discussion publique devant les Chambres), on avait évalué les travaux complémentaires à 3 millions de capital à dépenser par million d'augmentation de recette brute. Les dépenses de cette nature, faites dans ces dernières années, correspondraient à un chiffre beaucoup plus élevé. Mais ce développement momentané s'explique par le ralentissement qu'avaient subi les travaux complémentaires dans les années antérieures alors que, d'une part, il était question du rachat, et que, d'autre part, plusieurs compagnies étaient arrêtées par

l'épuisement des crédits ouverts par les conventions.

En prenant pour bonne cette évaluation, d'après laquelle la dépense en travaux complémentaires serait, en moyenne, triple de l'augmentation de la recette brute, on trouve que le service des obligations émises pour l'exécution de ces travaux, à $4\frac{1}{2}$ p. 100, absorbera $4,5 \times 3 = 13,5$ p. 100 de cette recette. Il faut ajouter ce chiffre à l'augmentation des dépenses d'exploitation, pour avoir l'accroissement des charges à déduire des plus-values encaissées. On voit qu'en évaluant ces charges à 50 p. 100 de la recette brute, nous restons en dessous plutôt qu'en dessus de la vérité.

Il faut remarquer, d'ailleurs, que l'hypothèse d'après laquelle les charges d'intérêt et d'amortissement des sommes dépensées en travaux complémentaires ne serait que de $4\frac{1}{2}$ p. 100, cesse d'être exacte lorsque l'on fait des calculs s'appliquant à une longue période d'années. Au taux d'intérêt de 4 à 4,1 p. 100, qui est aujourd'hui à peu près celui des emprunts des compagnies, prime de remboursement comprise, l'annuité de $4\frac{1}{2}$ p. 100 répond à une période de remboursement de soixante ans. L'annuité atteindrait 5 p. 100, si la durée de l'amortissement était réduite à quarante-deux ans, 6 p. 100 si cette durée descendait à vingt-neuf ans. Dans ces limites, la variation ne peut exercer une grande influence sur nos calculs; car, d'après nos hypothèses, pour une plus-value déterminée de la recette brute, l'augmentation des charges annuelles à supporter par les compagnies du chef des travaux complémentaires, à raison de 6 p. 100 du capital dépensé, serait de 18 p. 100 de cette plus-value, chiffre qui ne diffère pas énormément de celui de 13,5 p. 100 qui correspond à la période d'amortissement de 60 ans. Quand le délai restant à courir sur la durée des concessions ne sera plus que de vingt ou vingt-cinq ans, il faudra évidemment prendre avec les compagnies des arrange-

ments nouveaux, pour qu'elles continuent à améliorer des réseaux qu'elles n'auront plus à exploiter que pendant peu de temps.

Quel est le montant de la plus-value annuelle que l'on doit espérer? Il est évidemment impossible de répondre avec précision à cette question; mais les résultats donnés par l'expérience peuvent fournir certaines inductions. Pour les deux dernières périodes décennales (*), nous avons les chiffres suivants :

ANNÉES	LONGUEUR MOYENNE exploitée	RECETTE BRUTE
	kilomètres.	millions.
1867	15.000	678
1877	20 534	866
1887	31.485	1.061

Le nombre de kilomètres restant à ouvrir sur les lignes actuellement concédées aux six grandes compagnies est, au total, d'environ 6.500. Si l'on suppose que l'achèvement de ces lignes prenne douze ans, l'extension moyenne annuelle de leur réseau sera inférieur à 2 p. 100 de son étendue. Or, de 1867 à 1877, l'accroissement moyen du réseau d'intérêt général était de 3 1/2 p. 100, et de 1877 à 1887, il a dépassé 5 p. 100. Lorsque les lignes concédées en 1883 seront toutes terminées, nos calculs supposent que l'accroissement du réseau des grandes compagnies s'arrêtera, car nous n'avons pas prévu d'augmentation de leur capital correspondant à l'extension de leurs concessions, et d'ailleurs leur situation financière ne leur permettra pas, au moins de longtemps, d'assumer des charges nouvelles. Il est peu probable, cependant, qu'aucune ligne ne vienne plus s'ajouter à celles que les grandes compagnies exploi-

(*) Les chiffres relatifs à l'ensemble du réseau d'intérêt général pour 1888 ne sont pas encore publiés.

teront ; mais le développement de leur réseau, pour lequel elles ne pourront pas faire de nouveaux sacrifices, sera sans aucun doute de plus en plus lent.

D'un autre côté, les lignes que l'on a ouvertes ou incorporées au réseau d'intérêt général, dans les périodes précédentes, surtout de 1867 à 1877, étaient des lignes desservant encore des courants ou des centres de trafic d'une certaine importance. Les lignes qui restent à ouvrir n'apporteront qu'un bien faible contingent de trafic local, et, soit par leurs recettes propres, soit comme affluents, ne contribueront que bien peu à l'augmentation des ressources des compagnies.

Souvent même, leur ouverture sera une cause de diminution dans les recettes. En effet, depuis la réforme des tarifs, qui est aujourd'hui presque entièrement accomplie, la majeure partie des transports de marchandises est taxée aux prix résultant de barèmes kilométriques, d'après la plus courte distance par rails entre le point de départ et le point d'arrivée. Chaque fois qu'une ligne nouvelle est mise en exploitation, elle crée entre un grand nombre de gares un raccourci qui entraîne un abaissement de toutes les taxes. Souvent les marchandises continuent à passer par l'itinéraire ancien, où les profils sont meilleurs et, par suite, les frais de traction moindres ; le public n'en bénéficie pas moins de réductions qui entraînent, pour les compagnies, des pertes de recettes très sérieuses. C'est ainsi que l'ouverture de la ligne de Limoges à Montauban réduira à 258 kilomètres le trajet à effectuer, pour un trafic important, qui doit aujourd'hui suivre un parcours de 322 kilomètres entre ces deux villes.

Par tous ces motifs, il nous semble impossible d'admettre que l'avenir donne des augmentations de recettes aussi rapides que le passé, et les résultats de la dernière période décennale, 1877 à 1887, nous paraissent

devoir être considérés comme supérieurs au maximum de ce que l'on peut espérer. Si cette période renferme des années exceptionnellement mauvaises, elle commence par des années exceptionnellement bonnes, et elle a donné lieu à une extension du réseau d'intérêt général, qui ne se reproduira certainement plus.

Or, la plus-value des recettes brutes de chaque année, par rapport à celles de l'année précédente, a été, en moyenne, de 2,5 p. 100 de 1867 à 1877, et de 2,06 p. 100 de 1877 à 1887. Nous devons donc admettre que la plus-value n'atteindra probablement pas 2 p. 100 par an dans l'avenir. Le chiffre de 1 1/2 p. 100, que M. de Franqueville admettait, en 1865, pour l'ensemble de l'ancien et du nouveau réseau, après leur achèvement, serait sans doute plus voisin de la vérité.

Nous avons calculé les résultats auxquels conduirait une plus-value annuelle de 1 p. 100, de 1 1/2 p. 100, de 2 p. 100, de 2 1/2 p. 100 de la recette de l'année précédente, supposant ainsi, comme nous l'avons fait pour calculer la plus-value moyenne des périodes antérieures, que les recettes se développent suivant la loi de la progression géométrique. L'application de cette loi à un avenir éloigné et à une période de longue durée est évidemment de nature à donner plutôt trop que trop peu d'espérances. Nous avons ainsi dressé le tableau suivant (*):

(*) Il nous a paru plus exact de prendre, pour point de départ de nos calculs, la recette brute totale actuelle de chaque compagnie, au lieu de prendre seulement, comme dans la première édition de notre mémoire, la recette provenant du trafic, non compris les recettes accessoires (camionnage, participation dans des exploitations diverses, loyer des gares communes, etc.). C'est ce qui explique l'écart existant entre les chiffres de recettes donnés ci-dessus, et ceux qui figurent dans notre première édition.

Nous avons laissé en dehors de ces calculs, pour le Midi, les recettes des canaux, dont le régime pourra changer en 1898, à l'expiration du bail d'affermage du canal du Midi.

COMPAGNIES	RECETTE brute en 1888	AUGMENTA- TION de recette brute nécessaire pour faire cesser l'appel à la garantie	RAPPORT de cette augmenta- tion à la recette actuelle	DÉLAI NÉCESSAIRE pour réaliser cette augmentation à raison d'une plus-value annuelle de			
				1 p. 100	1 1/2 p. 100	2 p. 100	2 1/2 p. 100
	millions	millions	p. 100	années	années	années	années
Est	133	48	36	31	21	16	13
Ouest. . . .	137,5	63	46	38	25	19	15
Orléans. . .	165	71	43	36	24	18	15
Midi.	85	44	52	42	28	21	17

Quel sera, à l'époque où cessera l'appel à la garantie, le montant de la dette de chaque compagnie, en capital et intérêts, dans les diverses hypothèses? Cela dépendra de la loi suivant laquelle le chiffre des avances aura varié, d'année en année. Il n'y a pas de raison pour que cette loi réponde à celle de l'augmentation des recettes, car il y a un élément très important qui en est indépendant, savoir : l'époque à laquelle les capitaux inscrits au compte d'exploitation partielle viendront se réunir à ceux dont les charges figurent au compte de la garantie. Supposons donc, pour simplifier, que les sommes à avancer par l'État aient été en diminuant, d'année en année, proportionnellement au temps écoulé, jusqu'au jour où elles seront arrivées à zéro, autrement dit, qu'elles décroîtront en proportion arithmétique, tandis que les recettes croîtront en proportion géométrique. Cette loi répond à une décroissance des avances de l'État plus rapide au début, et moins rapide à la fin, que la croissance des recettes, ce qui est assez rationnel, puisque c'est surtout vers la fin de la période de garantie que les charges du compte d'exploitation partielle viendront s'ajouter à celles de la garantie, et contrebalancer l'effet de l'augmentation du trafic. Supposons, également pour simplifier, que le

règlement de la garantie de chaque exercice ait lieu sitôt l'exercice fini. En appliquant cette règle pour l'avenir, et en prenant, pour les exercices écoulés depuis les dernières conventions, le montant connu des avances demandées à l'État, nous avons dressé le tableau suivant :

COMPAGNIES	ANNÉE	MONTANT		ÉPOQUE A LAQUELLE		
	où cessera	de la dette		l'augmentation de recette		
	l'appel	en	en	de payer	DE REMBOURSER	
	à la	capital	intérêts	l'intérêt	la dette (*)	
	garantie			annuel	en intérêts	en capital
	millésime	millions	millions	millésime	millésime	millésime
		de francs	de francs			
1° Plus-value de 1 p. 100.						
Est.	1919	222	213	1929	1948	"
Ouest	1926	285	341	1937	"	"
Orléans	1924	540	563	1941	"	"
Midi	1930	319	398	1948	"	"
2° Plus-value de 1 1/2 p. 100.						
Est.	1909	170	118	1914	1927	1933
Ouest	1913	219	177	1920	1935	1941
Orléans	1912	389	283	1921	1939	1946
Midi	1916	235	202	1926	1946	1953
3° Plus-value de 2 p. 100.						
Est.	1901	144	79	1907	1916	1921
Ouest	1907	184	118	1911	1921	1926
Orléans	1906	314	176	1912	1924	1930
Midi	1909	193	131	1915	1929	1935
4° Plus-value de 2 1/2 p. 100.						
Est.	1901	129	60	1903	1910	1915
Ouest	1903	160	84	1906	1914	1919
Orléans	1903	275	133	1907	1916	1922
Midi	1905	169	95	1909	1919	1925
(*) Les guillemets, dans les deux dernières colonnes du tableau, signifient que le remboursement ne serait pas effectué avant la fin de la concession. Les indications contenues dans ces deux colonnes diffèrent un peu de celles que nous avons données dans la première édition de notre mémoire, par suite de la correction d'une erreur de calcul.						

Dans tous les calculs, nous avons négligé les fractions d'années; les erreurs qui en résultent, en s'accumulant dans les opérations successives, peuvent amener un écart de une ou deux années, par rapport aux chiffres auxquels conduirait le calcul exact; mais le degré de précision des données n'est pas suffisant pour comporter une plus grande approximation.

Dans le cas où, pour certains réseaux, le compte d'exploitation partielle serait supprimé ou diminué, conformément à ce qui doit résulter, pour l'Est et l'Ouest, des projets de loi soumis aux Chambres en ce moment, les sommes demandées à la garantie, dans les prochaines années, seraient notablement augmentées, puisqu'elles se grossiraient des déficits qui actuellement se capitalisent; mais la loi de décroissance de l'appel à la garantie serait plus rapide, puisque le compte de garantie n'aurait plus, comme sous le régime actuel, à s'augmenter, dans l'avenir, des charges des emprunts contractés, pendant un certain nombre d'années, pour combler le déficit du compte d'exploitation partielle. Le chiffre total des avances à faire par l'État augmenterait un peu, mais le remboursement de la dette serait un peu plus prompt, et la libération finale des compagnies serait sans doute légèrement avancée, puisque la dette qu'elles contractent envers l'État, par le jeu de la garantie, porte intérêt simple à 4 p. 100, tandis qu'en émettant des obligations pour couvrir les insuffisances portées au compte d'établissement, elles ont à supporter les intérêts composés à un taux un peu supérieur à 4 p. 100. Les calculs à faire, sous ce nouveau régime, seraient un peu différents de ceux que nous avons faits; mais les écarts qui pourraient résulter de ces modifications, pour l'époque de la libération définitive, ne sont pas assez importants pour réagir, d'une manière appréciable, sur les résultats d'estimations ne comportant pas plus d'exactitude que celles que nous avons été obligé de faire.

Nous avons, dans nos calculs pour la compagnie d'Orléans, pris comme point de départ la somme demandée à l'État en 1888, augmentée de 9 millions, représentant l'intérêt et l'amortissement des 205 millions dépensés pour le remboursement de la dette et qui, en raison de la situation spéciale de cette compagnie, viendront s'ajouter, dès 1889, aux charges annuelles. Si la compagnie, au lieu de faire appel à la garantie pour cette somme, portait ces 9 millions de déficit au compte d'exploitation partielle, cela devrait conduire à diminuer les avances de l'État, en augmentant par contre les sommes à capitaliser jusqu'à la clôture du compte d'exploitation partielle, et, par les raisons que nous venons d'indiquer, il y aurait à peu près compensation (*).

Le tableau montre, en somme, que la situation et l'avenir des quatre réseaux ne présentent pas des différences bien considérables.

Avec 1 p. 100 de plus-value annuelle, ce n'est que dans 31 à 42 ans, suivant les compagnies, que cesserait l'appel à la garantie. Il faudrait encore de 10 à 18 années, rien que pour arriver à ce que les sommes versées à l'État par les compagnies, pour chaque exercice, couvrent l'intérêt annuel des avances du Trésor. Aucune des compagnies ne pourrait acquitter sa dette avant la fin de sa concession et recouvrer la liberté de ses dividendes ; leur seul stimulant serait donc le désir de disposer, dans 70 ans environ, d'une somme aussi forte que possible sur la valeur du matériel roulant, gage de l'État pour la partie non remboursée de sa créance.

(*) L'écart entre les résultats donnés ci-dessus pour cette compagnie, et ceux qui figurent dans la première édition de notre mémoire, tient à ce que nous avons admis, par erreur, que les charges des emprunts contractés pour le remboursement de la dette figuraient déjà au compte de la garantie.

Avec la plus-value de 1 1/2 p. 100 par an, répondant à une hypothèse que plusieurs hommes compétents trouvent déjà optimiste, l'appel à la garantie durerait encore de 21 à 28 ans ; le remboursement intégral de la créance de l'État se produirait dans 45 ans pour la compagnie la plus favorisée, dans 65 ans pour la dernière. Il faudrait des plus-values annuelles atteignant les chiffres, peu vraisemblables, de 2 ou 2 1/2 p. 100, pour que les sacrifices de l'État cessassent dans 15 ou 20 ans, et que la dette des compagnies fut éteinte dans un délai à peu près double.

Si l'on admet, comme cela nous paraît rationnel, que l'hypothèse la plus vraisemblable est celle de plus-values annuelles se rapprochant de 1 1/2 p. 100, on voit que le budget de l'État aurait encore pendant 25 ans environ à supporter certaines charges pour la garantie, et que les compagnies n'auraient chance de voir augmenter leurs dividendes que dans les 10 ou 15 dernières années de leur concession, c'est-à-dire à une époque bien éloignée pour qu'il soit possible d'en raisonner avec quelque exactitude.

En appliquant à la détermination de l'époque à laquelle s'ouvrira le partage des bénéfices, pour les réseaux du Nord et de Paris-Lyon-Méditerranée, les hypothèses et les procédés de calculs qui nous ont servi pour les autres réseaux, on arrive à dresser le tableau ci-après :

COMPAGNIES	RECETTE brute en 1888	AUGMENTA- TION de recette brute nécessaire pour amener le partage	RAPPORT de cette augmenta- tion à la recette actuelle	ÉPOQUE À LAQUELLE cette augmentation sera réalisée avec une plus-value annuelle de			
				1 p. 100	1 1/2 p. 100	2 p. 100	2 1/2 p. 100
	millions	millions	p. 100	millésime	millésime	millésime	millésime
Nord.	171	39	23	1909	1902	1899	1897
P.-L.-M.	322	90	28	1913	1905	1901	1898

Nous devons ajouter que, pour la Compagnie de Lyon, ces indications présentent une incertitude particulière, en raison de l'importance relative du rôle que la capitalisation des insuffisances du compte d'exploitation partielle joue dans le calcul des charges de l'avenir, et de l'impossibilité de savoir pendant combien de temps se continuera cette capitalisation.

En ce qui concerne l'époque du remboursement de sa dette, la compagnie de Lyon jouit d'une certaine latitude, car elle peut, à son gré, appliquer ses premières plus-values, soit à effectuer ce remboursement, soit à atténuer les charges du compte d'exploitation partielle. Mais en tout cas, le remboursement devra être intégralement effectué avant toute augmentation du dividende. La dette est d'ailleurs trop minime pour que le remboursement puisse retarder l'ère du partage. Le partage, en effet, ne s'ouvrirait, en tout état de cause, que quand la somme affectée au dividende aurait été augmentée de 16 millions par an. Or, les premières des plus-values qui réaliseraient progressivement cette augmentation devront être consacrées à l'extinction de la dette. Il est bien évident que, longtemps avant que la somme annuelle consacrée à cet usage atteigne 16 millions, la dette sera éteinte, puisqu'elle n'est que de 33 millions en capital; et aussitôt, les plus-values retrouveront les mêmes affectations que si la dette n'avait jamais existé.

On peut donc, à ce qu'il semble, espérer que vers le commencement du siècle prochain, l'État entrera en partage des bénéfices réalisés sur les réseaux du Nord et de Lyon.

Conséquences des observations précédentes.

— On peut trouver oiseux des calculs reposant sur plusieurs hypothèses plus ou moins arbitraires, et auxquels un grand nombre de faits commerciaux viendront, sans

aucun doute, donner des démentis. Il faut cependant reconnaître que, sur de longues périodes, les accidents heureux ou malheureux se balancent, dans une certaine mesure, pour donner des résultats se rapprochant de moyennes présentant une certaine régularité, et qu'on a encore plus de chances de se faire une idée approximative des faits à venir, au moyen de calculs établis d'après les résultats de l'expérience, que par des appréciations fondées sur de simples impressions.

Tout ce que nous voulons retenir de ce qui précède, c'est que la garantie d'intérêts allouée aux grandes compagnies, qui grève si lourdement aujourd'hui les finances publiques, continuera de les grever pendant de longues années; que la perspective du remboursement est lointaine pour quatre compagnies, et qu'une légère modification de leur situation financière dans un sens défavorable rendrait ce remboursement tout à fait improbable.

Ce danger est aujourd'hui masqué en partie par l'existence des comptes d'exploitation partielle, où se capitalisent des déficits, qui n'attirent pas l'attention comme ceux qui donnent lieu à un appel immédiat à la garantie, et qui atteignaient déjà 13 millions en 1888 pour les quatre compagnies. On conçoit qu'en 1883 on ait voulu ajourner à l'époque de l'achèvement des lignes nouvelles l'inscription de ces sommes au compte de la garantie, alors que, d'une part, on pensait que cette période ne s'étendrait pas au delà d'une dizaine d'années, et que, d'autre part, on pouvait légitimement espérer qu'à cette époque, les ressources des compagnies seraient au niveau de leurs charges. Mais depuis qu'on a été conduit à doubler la période d'exécution des travaux, il y a lieu de se préoccuper du développement exorbitant que prendraient ces comptes, si la capitalisation des intérêts se continuait pendant un aussi grand nombre d'années. D'un autre côté, comme la situation des recettes ne permet plus d'espé-

rer qu'en ajournant l'inscription des dépenses des lignes nouvelles au compte de la garantie, on puisse gagner l'époque où il ne sera plus fait appel aux avances de l'État, il y aurait grand avantage à mettre fin à un état de choses qui peut donner lieu à des illusions fâcheuses.

Déjà, lors de l'examen du budget de 1889, ces inconvénients des comptes d'exploitation partielle avaient été signalés, notamment par le rapporteur du budget des travaux publics, M. Félix Faure. La présentation et le vote, par la Chambre, du projet de loi tendant à faire disparaître ces comptes, pour l'Est et l'Ouest, constitue un pas important vers la suppression d'un système qui n'est plus justifié. Comme nous l'indiquons plus haut, cette suppression ne peut pas modifier notablement, au point de vue du remboursement final des avances du Trésor, la situation respective de l'État et des compagnies. Mais au point de vue de la clarté et de la sincérité des comptes, elle constituera un progrès considérable; car en renonçant à une combinaison qui rend les déficits moins apparents, on mettrait les pouvoirs publics mieux à même d'apprécier, à toute époque, le degré de solvabilité des compagnies.

Or, il ne faut pas l'oublier, leur insolvabilité, si elle se produisait, serait un véritable danger pour nos finances. Non seulement elle ferait perdre à l'État une créance considérable, mais encore elle amènerait, à la longue, sans aucun doute, un accroissement énorme du déficit annuel; car, en rendant impossible, dans l'avenir, toute augmentation de dividende, elle engendrerait la négligence et le laisser-aller, conséquences naturelles du défaut d'intérêt à bien administrer. Dès à présent, il faut que le personnel dirigeant des compagnies ait, à un degré rare, les vues d'avenir et le dévouement à sa tâche, pour qu'un espoir aussi lointain et aussi problématique que l'est actuellement la réalisation de bénéfices profitant

aux actionnaires, soit un stimulant suffisant à son zèle. Les efforts, souvent pénibles, faits dans ces dernières années pour réaliser des économies, montrent qu'on n'est pas entré dans la période du découragement. Nous croyons que le recrutement du haut personnel des compagnies dans les corps des ponts et chaussées et des mines n'est pas étranger à ce résultat. Il est fort utile, dans la situation actuelle des rapports financiers entre l'État et les concessionnaires des grands réseaux, d'avoir à la tête des divers services des compagnies des hommes qui ont puisé au début de leur carrière, et qui puisent encore, dans leur titre de fonctionnaires publics, l'habitude de prendre en grande considération les finances de l'État ; qui ne sont pas disposés, sans doute, à sacrifier les intérêts de leur compagnie à ceux du Trésor, mais pour qui le désir de ne pas grever outre mesure le budget est encore un motif sérieux de faire de leur mieux, lorsque le dividende des actionnaires est à peu près hors de cause.

Mais il ne faudrait pas que l'ardeur avec laquelle les compagnies défendent aujourd'hui leur trafic fit perdre de vue le danger de voir régner un jour un esprit tout différent. Il ne faut pas oublier que, pour quatre compagnies, toute diminution de recettes ou toute augmentation de dépenses n'est pas seulement un accroissement des charges actuelles de la garantie, mais qu'elle peut être aussi un acheminement vers une situation infiniment dangereuse pour les finances publiques, à laquelle nous ne sommes pas certains d'échapper.

Il y a quelques années, en présence des brillantes perspectives que donnait le développement du trafic, l'unique préoccupation de l'administration et du contrôle devait être d'obtenir l'amélioration constante du service public. Aujourd'hui, il est une autre considération qu'il ne faut jamais perdre de vue, c'est le très grand intérêt

qu'ont les contribuables à ne pas voir les compagnies devenir insolvables. Certes, il importe par-dessus tout de ne laisser porter atteinte ni à la sécurité publique, ni aux intérêts commerciaux du pays. Mais, toutes les fois que ces considérations majeures n'y mettent point obstacle, c'est servir le Trésor que de faciliter, ou même d'encourager les mesures propres à amener la diminution des frais d'exploitation et l'augmentation des recettes. L'administration exerce à cet égard une action considérable, d'un côté, par son droit de réglementation et d'injonction en matière d'exploitation technique, d'un autre côté, par la nécessité de son homologation pour l'établissement des tarifs. Tant que la situation ne sera pas modifiée dans un sens favorable, elle ne doit pas oublier, dans l'exercice des pouvoirs qui lui appartiennent, que les intérêts de l'État sont solidaires de ceux des compagnies et, peut-être même, plus réellement en cause que ces derniers, dans plusieurs cas.

Le législateur lui-même pourrait utilement s'inspirer de ces considérations. Parmi les questions dont les Chambres ont été saisies à diverses reprises dans ces derniers temps, il en est une qui se lie directement à notre sujet, celle du rétablissement des droits de navigation (*). Toutes les compagnies y ont un intérêt sérieux, car elles sont toutes plus ou moins en concurrence avec les voies navigables. Pour deux de celles qui sont compromises, l'Est et l'Ouest, cette concurrence joue un rôle tout à fait capital, et peut-être suffirait-il de ne plus la favoriser par les exemptions d'impôt dont jouit la navigation, pour assurer complètement la solvabilité de ces deux compagnies. La baisse des prix de transport par la Seine, en particulier, exerce sur les recettes de tous les réseaux une influence très sensible ; car elle détourne

(*) Voir, à ce sujet, la note ci-après, p. 404.

les courants d'alimentation du grand marché de Paris, aussi bien lorsque leur direction ancienne empruntait les chemins d'Orléans et du Midi, comme pour les vins, que quand les transports se faisaient par les lignes de l'Ouest. Nous n'avons pas à parler ici de la contradiction qu'il y a à ouvrir gratuitement aux marchandises étrangères une voie qui est essentiellement une voie d'importation, notamment pour les blés et les vins, au moment où le régime de la protection est en si grande faveur, surtout en matière agricole ; mais nous devons faire remarquer que cette gratuité est d'autant plus préjudiciable aux recettes des chemins de fer que l'argument protectionniste, si fort oublié quand il s'agit de la navigation, est constamment mis en avant pour empêcher les réductions de tarifs indispensables à la conservation, par les voies ferrées, d'une partie du trafic que leur dispute la batellerie.

Ainsi le rétablissement d'un droit de navigation, en dehors même des recettes directes qu'il donnerait à l'État, exercerait sur la situation financière de nos réseaux de chemins de fer une influence très favorable au Trésor. Il est vrai qu'en ce qui concerne une des compagnies les plus concurrencées par les canaux, celle du Nord, le bénéfice de cette mesure irait en majeure partie aux actionnaires, puisque la garantie d'intérêts ne fonctionne pas. Mais n'y aurait-il aucun moyen de faire rejaillir ce bénéfice sur le public ? Il n'est pas de réseau sur lequel il n'y ait constamment des progrès à réaliser. Nous citerons, à titre d'exemple, sur le Nord, l'extension à la 3^e classe, pour les billets d'aller et retour, de la réduction de 25 p. 100 par rapport au double du prix du billet simple. L'administration insiste vainement, depuis longtemps, pour que la réduction, qui est de 15 p. 100 seulement pour la 3^e classe, soit ramenée au taux de 25 p. 100, comme pour les deux premières classes. Ne pourrait-on pas obtenir de la compagnie du Nord l'engagement de

réaliser cette réforme, essentiellement démocratique, le jour où les droits de navigation seraient rétablis? Un arrangement de cette nature, ou tout autre analogue, ferait disparaître l'objection que l'on tire, contre le rétablissement des droits de navigation, de ce fait qu'il existe une région importante où la situation financière des chemins de fer n'impose nullement ce rétablissement.

Ajoutons que, si les droits étaient convenablement gradués, de manière à atteindre à peine les marchandises de faible valeur, c'est-à-dire celles pour lesquelles les prix de transport exercent le plus d'influence relative sur le prix de vente et, par suite, ne peuvent être relevés sans inconvénients, la compagnie du Nord ne serait pas celle qui profiterait le plus de leur rétablissement; car c'est surtout pour le transport des houilles qu'elle est en concurrence avec la navigation, tandis que dans d'autres régions, sur la Seine en particulier, les transports de marchandises de valeur, pour lesquelles on pourrait percevoir un péage appréciable, prennent de jour en jour plus d'importance.

Nous ne nous étendrons pas davantage sur ce point particulier. Mais, que l'on croie ou que l'on ne croie pas à la possibilité d'appliquer ce remède, auquel les pouvoirs publics et l'administration se sont jusqu'ici montrés peu favorables, il n'en est pas moins important de mettre en évidence les dangers que peut amener la situation financière des compagnies. Sans doute, il est deux de ces compagnies qui ne paraissent devoir imposer dans l'avenir aucune charge à l'État. L'une fait face dès à présent avec ses recettes à toutes ses obligations; l'autre puise dans le compte d'exploitation partielle les moyens d'éviter l'appel à l'État; et ce compte trouve son application rationnelle, dans un cas où il permet de renvoyer à l'avenir des charges auxquelles très probablement les recettes futures permettront de faire face. Pour ces deux compagnies, le

partage des bénéfices est une éventualité dont la réalisation est probable. Mais, si cette éventualité peut alléger dans l'avenir les charges du Trésor, elle n'atténue pas la gravité de la situation, pour les compagnies qui sont condamnées à faire, longtemps encore, appel à la garantie, et nous devons insister une fois de plus, en ce qui concerne ces compagnies, sur la nécessité de veiller avec le plus grand soin à ce que leur exploitation ne prenne pas un jour, par le fait de leur insolvabilité, le caractère d'une régie désintéressée pour le compte de l'État.

LE JEU DE LA GARANTIE D'INTÉRÊTS A L'ÉGARD DES COMPAGNIES SECONDAIRES.

1° COMPAGNIES DE CHEMINS DE FER OU DE TRAMWAYS.

Des garanties d'intérêts basées sur des forfaits. — Nous venons de voir que les sommes à verser, en vertu des garanties d'intérêts allouées aux grandes compagnies, sont toujours calculées d'après le montant réel des dépenses d'exploitation et, presque toujours également, d'après le montant réel des dépenses d'établissement; que d'ailleurs les conventions ont toutes été conclues dans cette idée, que l'appel à la garantie serait seulement temporaire et que, par suite, les avances de l'État seraient remboursables, en fait comme en droit. En 1859, l'État venait en aide aux compagnies, concessionnaires de lignes excellentes, pour les aider à traverser des difficultés passagères. Depuis lors, les grandes compagnies ont augmenté leurs réseaux, dans le but surtout d'éviter la création de réseaux concurrents, en acceptant des lignes vraisemblablement peu productives; mais elles ont toujours compté que l' accroissement du trafic des lignes anciennes, tant par l'effet du développement normal de la richesse publique que grâce aux apports des nouvelles lignes affluentes, leur permettrait de faire un jour face à leurs charges; aussi, la considération de la valeur commerciale des chemins dont elles sont concessionnaires a-t-elle toujours joué le premier rôle dans leurs calculs.

Il n'en pouvait être de même pour les compagnies secondaires qui ont pris, depuis une douzaine d'années,

un si grand développement, en Algérie d'abord, puis dans la Métropole. En Algérie, la colonisation commence seulement à prendre son essor, et, quelque opinion que l'on ait de son avenir, on doit reconnaître que les éléments de trafic ne pourront, d'ici longtemps, assurer aux chemins de fer des recettes considérables. En France, les grandes artères étaient concédées; l'État, devenu par la garantie d'intérêts l'associé des concessionnaires, n'était pas assez dénué de sagesse pour leur créer des concurrences et préférait, quand les anciennes lignes donnaient de belles plus-values, peser sur les compagnies pour appliquer ces plus-values à l'extension du réseau. Ni d'un côté ni de l'autre de la Méditerranée, les concessions que pouvaient espérer les compagnies nouvelles n'offraient des perspectives de trafic de nature à attirer les capitaux, de sorte qu'il eût fallu, pour constituer des réseaux capables de vivre un jour au moyen de leurs propres recettes, fournir, à titre de subvention pure et simple, la presque totalité des sommes nécessaires à la construction des lignes nouvelles.

Mais la garantie d'intérêts avait donné un moyen si commode de développer le réseau métropolitain, sans ouvrir le grand-livre de la dette, qu'on voulut l'appliquer également en Algérie, lorsqu'on reconnut la nécessité d'ajouter de nouveaux chemins de fer à ceux dont nous avons déjà parlé et qui sont concédés à la compagnie P.-L.-M.; c'est alors que commencèrent à se développer les conventions basées sur des forfaits.

Trois éléments peuvent donner et donnent généralement lieu, dans ces conventions, à une fixation forfaitaire : 1° le taux de la garantie d'intérêt : au lieu d'être déterminé, comme aujourd'hui pour les grandes compagnies, par le montant réel des charges des emprunts, ce taux est arrêté d'avance à tant p. 100; 2° le capital d'établissement : au lieu d'assurer le service de l'intérêt

des sommes réellement dépensées, l'État garantit l'intérêt, au taux convenu, d'un capital fixé, pour chaque ligne, par l'acte de concession; 3° les frais d'exploitation : au lieu de calculer, chaque année, la recette nette ou le déficit de l'exploitation, en prenant la différence entre la recette brute et la dépense effective, on admet que les frais d'exploitation atteindront un chiffre déterminé à l'avance, en fonction de la recette, par un barème conventionnel, et c'est en appliquant ce barème que l'on calcule le déficit à combler, pour l'année, par la garantie.

Dès lors, il n'y a plus lieu à justification, au point de vue du calcul de la garantie, que pour le montant annuel de la recette brute; tous les autres éléments de ce calcul sont inscrits dans la convention.

La compagnie qui prend la concession d'un chemin de fer, dans ces conditions, n'a pas besoin de recettes élevées pour trouver à gagner dans l'affaire; ce n'est pas de la valeur commerciale des lignes que dépend son bénéfice, mais du montant des forfaits. Si elle emprunte à un taux inférieur à celui de l'intérêt qui lui est assuré; si elle construit en ne dépensant qu'une partie du capital garanti; si elle exploite moyennant une dépense inférieure à celle qui lui est allouée, les économies ainsi réalisées donnent lieu à une augmentation de dividende. Dès lors, on peut trouver des concessionnaires pour l'exécution d'un chemin de fer, quel que soit l'écart entre les charges et les recettes probables. Les sociétés financières, en particulier, et les grands entrepreneurs, sont toujours prêts à s'engager dans des affaires qui permettent de réaliser des bénéfices immédiats, sur les émissions d'un côté, sur les travaux de l'autre. Peu leur importe que la compagnie, une fois créée, fasse appel indéfiniment à la garantie d'intérêts. L'exploitation du réseau se poursuivra pour le compte du Trésor, sans autre préoccupation pour le concessionnaire que de rester

dans les limites du barème adopté pour les dépenses annuelles, et les titres garantis deviendront une sorte de placement déguisé en rentes sur l'État.

Quels sont les avantages et les inconvénients de ce système? C'est ce que nous allons rechercher, pour chacun des trois éléments du forfait.

a) *Du taux de la garantie et des émissions d'obligations.* — En ce qui concerne le taux de la garantie, nous avons vu que, même pour les grandes compagnies, jusqu'à ces dernières années, il avait été fixé à forfait. Il est, en effet, tout à fait impossible à l'État d'accorder une garantie au taux indéterminé qui résultera des émissions, lorsqu'il s'agit de valeurs, soit à créer, soit n'ayant encore qu'une clientèle restreinte, et dont le cours est, en conséquence, soumis à toutes les influences de la spéculation.

A mesure qu'une compagnie étend son réseau, que ses titres se classent et sont plus connus du public, leur cours prend une assiette plus fixe, et il devient possible, dans les conventions qu'elle passe avec l'État, de fixer un taux conventionnel de garantie se rapprochant, de plus en plus, du chiffre des charges réelles d'intérêt et d'amortissement. Néanmoins, il faut toujours laisser un certain écart pour que la compagnie, qui ne sait pas d'avance quelle sera la situation du marché au jour de son émission, soit à peu près sûre de pouvoir placer ses titres à un prix répondant au taux de la garantie. D'un autre côté, si le crédit des grandes compagnies est égal ou à peu près égal au crédit de l'État, celui des petites compagnies, même avec une garantie d'intérêts, lui est toujours sensiblement inférieur. Enfin, n'ayant pas une clientèle assez étendue pour placer leurs obligations en les vendant simplement à leurs guichets ou à la Bourse, ces compagnies sont obligées de procéder par émissions qui en-

trainent des frais de publicité, des remises aux banquiers, etc., atteignant des chiffres relativement élevés.

Par ces raisons, le taux de la garantie d'intérêts, pour les compagnies secondaires, doit toujours être sensiblement supérieur à celui qui résulte du cours des rentes de la dette publique. Or, quand il s'agit de réseaux qui doivent faire appel indéfiniment à la garantie d'intérêts, en réalité c'est pour le compte de l'État que se font les emprunts, puisque c'est lui qui doit en supporter les charges. L'État emprunte ainsi, par l'intermédiaire des petites compagnies, à $1/2$ p. 100, $3/4$ p. 100, souvent même 1 p. 100 plus cher qu'il n'emprunterait directement. Il y a sans doute grand intérêt à ne pas émettre incessamment de la rente; mais on voit que c'est un avantage qui se paye assez cher.

Si encore l'écart profitait aux compagnies de chemins de fer, il aurait l'avantage de consolider leur situation, d'affermir leur crédit et, par conséquent, de permettre, à l'avenir, de traiter avec elles, pour l'extension du réseau, à des conditions plus avantageuses. Mais ce ne sont pas toujours les compagnies qui en bénéficient. Fondées par des sociétés de crédit ou liées d'intérêt avec elles, elles chargent ces sociétés de leurs émissions, et souvent à des conditions qui leur font perdre tout l'avantage des sacrifices consentis par l'État. On a plusieurs fois cité à la tribune l'histoire de l'émission faite pour les lignes concédées, en 1877, à la Compagnie de Bône à Guelma. La convention garantissait un intérêt de 6 p. 100 sur la dépense prévue pour ces lignes. La compagnie céda immédiatement et en bloc, à une maison de banque, 240.000 obligations du type ordinaire, rapportant 15 francs par an, au prix de 250 francs. La totalité de l'intérêt garanti était ainsi absorbée par le service de l'emprunt; peu de temps après, l'émission avait lieu au prix de 306',25, donnant à la Société de crédit qui la faisait un

produit supérieur de 13 millions et demi au prix qu'elle avait payé, et laissant un bénéfice énorme, même après prélèvement des frais d'émission et des charges d'intérêts intercalaires.

La compagnie n'avait fait qu'user de ses droits, en traitant avec un banquier pour assurer le placement de ses titres. Mais ce résultat montrait comment les sacrifices du Trésor pouvaient être détournés de leur but. Pour éviter le retour de faits semblables, l'administration a pris pour règle, en autorisant l'émission des obligations, de fixer un chiffre au-dessous duquel leur prix de vente ne doit pas descendre. Ce chiffre, pour des titres du même type, doit naturellement varier avec le crédit des différentes compagnies. On conçoit les difficultés auxquelles donnent lieu des appréciations de cette nature, surtout lorsqu'il s'agit de compagnies absolument nouvelles. De plus, la manière de placer les titres est très variable : telle compagnie préfère les céder à des maisons de banque, qui prennent à leur compte les chances de gain ou de perte dans la vente au public ; telle autre aime mieux chercher à placer ses titres à un cours plus élevé, en courant les risques et en supportant les frais d'une émission ; on peut tenter, à grand renfort de publicité et en offrant de fortes remises aux intermédiaires, de réaliser une émission à un cours très élevé ; on peut aussi s'attacher à diminuer les frais, sauf à fixer un prix de souscription plus bas. Il y a là une variété infinie de combinaisons et d'arrangements financiers, dans lesquels l'administration a peine à voir clair, et auxquels il lui est bien difficile de plier sa jurisprudence.

Les garanties d'intérêts ne donnent sécurité aux porteurs d'obligations, qu'autant que d'autres créanciers ne viendront pas en concurrence avec eux, pour partager les sommes qui en proviendront. Notre législation n'assure, en effet, aux obligataires, aucun privilège sur le produit

des chemins de fer pour la construction desquels les titres ont été émis, ou sur les subventions et garanties accordées par l'État, et ces ressources font partie de l'actif du concessionnaire, gage commun de tous ses créanciers. Dès lors, si une compagnie se trouve avoir, d'autre part, des affaires embarrassées, la garantie d'un revenu déterminé, donnée par l'État en vue de la construction d'un chemin de fer, ne suffit pas pour relever son crédit et lui permettre de placer des titres à un cours avantageux. Or, il est impossible d'autoriser l'émission d'obligations à un prix inférieur à celui qui correspond au taux de la garantie; car si, pour une ligne estimée à 15 millions par exemple, et pour laquelle on a alloué une garantie à 5 p. 100, on autorise la vente d'obligations au cours de 250 francs, la garantie ne permettra de gager qu'un emprunt de 12 millions et demi; la ligne restera inachevée, la garantie n'entrera donc jamais en jeu, et les créanciers ne seront pas payés. Mais d'un autre côté, le ministre des travaux publics peut bien subordonner l'autorisation nécessaire pour faire une émission, à la condition que le prix de vente des titres ne sera pas inférieur à 300 francs : il ne peut pas procurer à la compagnie des acquéreurs à ce prix, si elle n'a pas un crédit suffisant. On a donc été obligé, dans quelques cas, pour permettre le placement des titres à un cours convenable, de donner un privilège aux porteurs de ces titres par une disposition législative spéciale. On ne peut s'empêcher de reconnaître qu'il est très fâcheux de déroger ainsi, dans des cas particuliers, à la législation générale sur les droits respectifs des créanciers ayant des titres de diverses natures, et il est à craindre que la portée de ces clauses exceptionnelles ne donne lieu à de grandes difficultés d'interprétation.

Même lorsqu'aucun privilège n'a été constitué en faveur des porteurs d'obligations, il est difficile de faire savoir

à tous les acquéreurs de titres émis avec l'autorisation d'un Ministre, pour une entreprise donnant lieu à garantie de l'État, que cette garantie ne leur est nullement affectée et n'assure en rien le remboursement de leurs créances. Quoique leur confiance repose sur une interprétation erronée du mot *garantie*, c'est en somme à l'État que cette confiance a été accordée et, si elle était déçue, le crédit dont jouissent les titres analogues en serait ébranlé. L'État est donc aisément entraîné à intervenir dans les difficultés financières où peut se trouver une compagnie jouissant de la garantie d'intérêts. C'est ainsi qu'une loi récente a rétroactivement affecté spécialement la garantie d'intérêts afférente à la ligne d'Aïn-Thizy à Mascara au service des obligations émises pour la construction de cette ligne, transformant en créanciers privilégiés les porteurs de titres qui devaient venir simplement en concurrence avec les créances de toute nature, et retranchant arbitrairement du gage de tous les autres créanciers, un élément important de l'actif social.

Cette immixtion de l'État dans des émissions de titres faites par des sociétés commerciales, et dans les rapports d'intérêt privé de ces sociétés avec leurs prêteurs, est la conséquence inévitable de la garantie donnée à des affaires qui ne peuvent évidemment pas couvrir leurs frais. Du moment où la garantie, au lieu de servir seulement à parfaire pendant un certain temps le dividende des actionnaires, devient le seul gage réel des créanciers d'une compagnie, il faut nécessairement que l'État sache quel emploi est fait de ce gage. La fixation forfaitaire du taux d'intérêt est indispensable pour limiter les sacrifices du Trésor. Mais, pour que l'intérêt fixé à forfait assure le service des emprunts, l'administration et même le législateur sont amenés à intervenir dans des questions qui ne devraient relever que du droit commun et de la situation du marché des capitaux.

b) *Du forfait pour les dépenses de construction.* —

Au point de vue des frais de construction, les conventions passées avec de petites compagnies, et allouant une garantie d'intérêts sur un capital fixé à forfait, ne paraissent pas, au premier abord, devoir entraîner autant de difficultés. On ne conteste pas que les concessionnaires réalisent, en général, un certain bénéfice sur les dépenses d'établissement. Mais on fait valoir que, sous le stimulant énergique d'un intérêt direct et personnel, et grâce à la liberté d'allures dont ils jouissent dans la direction des travaux, ils peuvent construire un peu plus économiquement qu'une grande compagnie ou qu'un service de l'État. Leur bénéfice ne serait donc pas obtenu au détriment du Trésor, s'il était possible de remplir deux conditions bien difficiles à réaliser.

La première, c'est que le prix forfaitaire ne soit pas trop élevé. A première vue, il semble qu'on ait, sur ce point, des garanties suffisantes lorsque les estimations ont été vérifiées très soigneusement par les Ingénieurs de l'État. Mais tous les ingénieurs savent combien il est difficile de déterminer à l'avance, avec une certaine précision, la dépense de travaux un peu importants; sans parler des cas où les conventions, préparées sous la pression des demandes des populations ou même des intérêts politiques, sont conclues hâtivement, et après des études insuffisantes. Or, c'est toujours au détriment de l'État que tourne l'incertitude; car une compagnie ne peut accepter un forfait sans avoir la conviction qu'elle n'en dépassera pas le montant. Deux moyens se présentent, il est vrai, pour éviter les évaluations exagérées : l'un, c'est de provoquer les demandes de plusieurs compagnies que l'on met en concurrence; l'autre, c'est de prévoir un partage des bénéfices de construction, en stipulant que, si la dépense forfaitaire n'est pas effectivement atteinte, une fraction des économies réalisées viendra en

diminution du capital garanti. Mais ces deux moyens ne sont jamais que des palliatifs.

La seconde condition à remplir pour que le forfait de construction n'entraîne pas des conséquences trop fâcheuses, c'est qu'un contrôle vigilant et efficace empêche le concessionnaire de réaliser des économies au détriment de la bonne exécution des lignes. Le véritable danger de tous les forfaits de construction, ce sont les travaux mal établis par excès de parcimonie. Lorsque le constructeur est en même temps le futur exploitant, l'intérêt qu'il a à ne pas augmenter les frais d'entretien prévient, dans une certaine mesure, l'excès des malfaçons. Cependant, l'appât d'un bénéfice immédiat peut, même dans ce cas, conduire à des économies exagérées. Mais souvent, les compagnies concessionnaires traitent elles-mêmes à forfait avec des entrepreneurs ; trop souvent même, les concessions ont été accordées à des entrepreneurs qui n'avaient d'autre but que de créer une compagnie avec laquelle ils traiteraient ensuite, à forfait, pour l'exécution des travaux. Dès lors, n'ayant plus d'intérêt à faire des ouvrages durables et d'un entretien facile, les constructeurs n'ont qu'un but : gagner le plus possible sur le forfait, et il est bien difficile au contrôle, même le plus sévère, d'assurer une exécution satisfaisante. C'est pour cela que la prudence exige le maintien des clauses insérées dans les modèles de cahier des charges, en vue d'interdire aux compagnies de passer, de gré à gré, des marchés à forfait pour l'exécution des travaux.

On a souvent invoqué, comme un avantage du forfait de construction, ce fait, qu'il dispense de la vérification des dépenses d'établissement et évite des difficultés sur les questions d'imputations. En pratique, il donne lieu, comme tout autre système, à des divergences d'interprétation, car il reste toujours à savoir quelles sont les dépenses comprises au forfait, où s'arrêtent les travaux d'é-

tablissement et où commencent les travaux complémentaires, etc., etc.

La vérification des dépenses effectives, si elle ne doit pas être faite aussi minutieusement que quand elle sert de base au calcul de la garantie, reste d'ailleurs nécessaire au point de vue des émissions d'obligations. En effet, si les compagnies, dans ce système, ont en tout cas droit à l'intérêt annuel du capital forfaitaire, elles ne doivent, néanmoins, emprunter que les sommes dont elles ont réellement besoin pour l'établissement des lignes. L'intérêt qui leur est assuré sur les sommes non dépensées sert à augmenter le dividende annuel, tant que de nouveaux emprunts ne sont pas nécessaires ; mais il reste disponible dans l'avenir, aussi bien que l'excédent annuel de l'intérêt garanti sur le taux réel des emprunts, pour gager les émissions nouvelles qui deviendraient indispensables, s'il fallait parer à des accidents ou exécuter des travaux complémentaires. En autorisant les compagnies à réaliser immédiatement tous les emprunts qu'elles peuvent gager, on les exposerait à la tentation de distribuer, en dividende, les économies réalisées sur les prévisions de dépense ; le fait s'est produit, quelque étonnant qu'il soit, au point de vue de l'application de la législation sur les sociétés commerciales, de voir considérer comme un bénéfice réalisé, des sommes provenant d'emprunts, fussent-ils garantis. Il est certain que, tant qu'une concession n'est pas expirée, on ne peut pas savoir dans quelle mesure les économies faites par rapport aux estimations sont définitives ; la réparation des malfaçons dans les premières années, les travaux complémentaires plus tard, peuvent, en effet, exiger des sommes considérables. Si les compagnies étaient en droit de disposer librement de la totalité du capital forfaitaire, pendant la période de construction, elles pourraient, en construisant à très bas prix, sans se préoccuper de la solidité des tra-

vaux, procurer à leurs titres une plus-value considérable, par la distribution de gros dividendes ; puis, n'ayant gardé aucune ressource pour parer aux éventualités de l'avenir, elles se trouveraient bientôt dans l'impossibilité de faire face aux nécessités nouvelles, à moins d'obtenir une augmentation de garantie. C'est pour cela qu'il importe, au plus haut degré, de veiller à l'application du principe qui ne permet d'autoriser les émissions d'obligations que jusqu'à concurrence des sommes réellement nécessaires pour solder les dépenses effectives.

Le forfait de construction ne dispense donc pas d'une certaine vérification des comptes. Nous pouvons ajouter que, quand le forfait est fixé à une somme déterminée par kilomètre, au lieu d'être arrêté à un chiffre total pour l'ensemble d'une ligne, il entraîne parfois de singulières conséquences ; car un allongement de tracé qui a pour but d'éviter un grand ouvrage d'art, correspond souvent à une économie, et non à une augmentation de la dépense d'établissement ; en sorte qu'une compagnie qui contourne une vallée par un lacet, dépense moins que si elle avait adopté un tracé direct et a droit, cependant, à la garantie sur un capital plus élevé.

Le forfait d'établissement est donc très difficile à établir sur des bases rationnelles ; il ne dispense pas de toute vérification des comptes ; il exige un contrôle minutieux, pour prévenir les malfaçons ; enfin, il n'assure pas l'avenir si, comme il arrive trop souvent, les économies réalisées sont immédiatement distribuées en dividendes, ou abandonnées à des sous-traitants.

c) *Du forfait pour les dépenses d'exploitation.* — Mais c'est pour les dépenses d'exploitation, surtout, que le forfait présente des inconvénients tellement évidents, qu'on se demande comment un pareil système a pu prendre une aussi grande extension.

Les dispositions conventionnelles qui fixent, pour une recette kilométrique déterminée, le chiffre admis comme représentant les frais d'exploitation, se rattachent à deux types. Pour les chemins de fer algériens, on a généralement dressé un barème mettant le montant de la défense forfaitaire en regard des recettes correspondantes. Nous donnons, à titre d'exemple, deux de ces barèmes; l'un répond aux chiffres de dépenses les plus élevés, ceux qu'on admettait pour des lignes à voie normale en 1877, lors de la création des réseaux d'intérêt général des compagnies de Bône-Guelma et de l'Est-Algérien; l'autre présente les chiffres les plus bas que l'on ait pu faire accepter, dans ces dernières années, pour des lignes à voie étroite.

RECETTE BRUTE kilométrique	DÉPENSE FORFAITAIRE D'EXPLOITATION		
	Barème de 1885		Barème de 1877
		francs	francs
Au-dessous de 5.000	une somme fixe de . .	5.000	
De 5.000 à 6.000	égale à la recette, sans excéder.	5.520	
De 6.000 à 7.000	92 p. 100 de la recette, sans excéder. . . .	5.930	une somme fixe de . . 7.700
De 7.000 à 8.000	85 id.	6.240	
De 8.000 à 9.000	78 id.	6.570	
De 9.000 à 10.000	73 id.	6.900	
De 10.000 à 11.000	69 id.	7.200	
De 11.000 à 12.000	66 id.	7.560	70 p. 100 de la recette, sans excéder . . . 8.040
De 12.000 à 13.000	63 id.	7.800	67 id. 8.320
De 13.000 à 14.000	60 id.	7.980	64 id. 8.540
De 14.000 à 15.000	57 id.	8.250	61 id. 8.700
De 15.000 à 16.000	55 id.	8.320	58 id. 8.800
De 16.000 à 20.000	52 id.	10.000	55 id. 10.400
Au delà de 20.000	50 p. 100 de la recette. . . .		52 p. 100 de la recette.

Pour les réseaux secondaires d'intérêt local ou d'intérêt général situés en France, on a habituellement recours à des formules de la forme $D = A + bR$; la dépense D est égale à une somme constante A , plus une fraction

déterminée de la recette R , sans pouvoir toutefois descendre au-dessous d'un minimum déterminé. Parmi les formules employées, nous trouvons les suivantes :

Chemins d'intérêt local de la Gironde : $2.300 + \frac{R}{3}$, avec minimum fixé : 1° à 4.300 pour trois trains par jour dans chaque sens, si la recette est supérieure à 5.500; 2° à 3.786 pour deux trains par jour seulement, si elle est inférieure à ce chiffre.

Chemins d'intérêt local d'Indre-et-Loire : $2.000 + 0,3R$ ou $2.000 + \frac{R}{3}$, suivant les lignes, sans minimum.

Chemins d'intérêt local de Seine-et-Oise, $2.000 + \frac{R}{4}$, avec minimum de 3.600 francs ou de 6.000 francs, suivant les lignes.

On a également appliqué en Algérie, à la ligne de Mèchéria à Aïn-Sefra, par exemple, la formule $3.500 + \frac{R}{3}$, avec minimum de 5.000 francs.

Quelquefois la somme allouée pour les frais d'exploitation n'est pas mise aussi complètement en évidence. Certaines conventions attribuent au concessionnaire une somme déterminée représentant, à la fois, la rémunération de son capital et ses dépenses d'exploitation. Ainsi, pour les tramways de la Dordogne, la recette est attribuée tout entière au concessionnaire, tant qu'elle n'atteint pas 2.820 francs. Quand ce chiffre est dépassé, le département, qui a fourni une subvention en capital pour l'établissement de la ligne, reçoit moitié de l'excédent; il reçoit les six dixièmes des produits dépassant 4.300 francs. La part laissée au concessionnaire comprend, en bloc, les intérêts du capital qu'il a dépensé et la fraction de la recette qui couvre ses frais d'exploitation.

Quelle que soit la forme adoptée, on voit que le montant des frais d'exploitation se calcule uniquement d'après la recette brute. Or, la recette brute dépend de deux éléments : l'importance du trafic, et l'élévation des

tarifs; le premier de ces deux éléments est évidemment le seul qui influe sur le montant de la dépense; l'autre n'agit que sur la recette. Pour un même trafic, quels que soient les tarifs, les frais réels d'exploitation sont les mêmes; mais la recette brute est d'autant moindre que les tarifs sont plus bas. Ainsi, les formules où la recette brute entre seule comme variable, rémunèrent le concessionnaire d'autant plus mal que lui-même traite mieux le public. Toutes ces formalités pèchent donc contre la logique, et nous allons voir quelle déplorable influence ce défaut de logique exerce, au point de vue aussi bien des finances de l'État que du service public.

Rappelons d'abord que presque tous les barèmes fixent un minimum, au-dessous duquel les frais conventionnels d'exploitation ne descendent jamais, et supposons le cas, malheureusement trop fréquent, où la recette reste sensiblement inférieure au chiffre nécessaire pour que ce minimum soit dépassé. Nous avons vu que ce chiffre de recettes est souvent assez élevé; il atteint, par exemple, 11.000 francs par kilomètre dans le barème algérien de 1877, cité tout à l'heure. Tant qu'il ne sera pas dépassé, quel que soit le trafic, la somme allouée au concessionnaire ne variera pas; elle est de 7.700 francs d'après ce même barème, pris pour exemple. La compagnie n'a donc aucun intérêt à effectuer des transports; elle a même intérêt à ne rien transporter. En effet, bien que, sur une ligne peu fréquentée, et où les trains réglementaires ne circulent jamais à pleine charge, la plupart des éléments de dépenses soient indépendants du trafic, cependant une augmentation dans les transports entraîne toujours une petite augmentation de frais, certaines responsabilités, etc. Lors donc que le concessionnaire n'a pas la perspective suffisamment prochaine d'atteindre une recette qui amène une augmentation de la dépense forfaitaire, son intérêt est d'écarter le trafic. Il est vrai

que, par contre, il n'a aucun motif de s'opposer aux abaissements de tarif qu'on lui demande, toutes les fois qu'il a lieu de penser que ces abaissements n'attireront pas de nouveaux transports; car l'État seul supporte la perte de recette qui en résulte. On imagine ce que peut être en pareil cas l'exploitation!

Prenons un cas moins défavorable : celui où la dépense forfaitaire, au lieu de rester constante, croît avec la recette; supposons une des formules $A + bR$ soit, par exemple, $2.000 + \frac{R}{3}$.

Lorsque la recette brute R augmente d'une certaine somme, le forfait d'exploitation augmente du tiers de cette somme; ainsi les deux tiers des plus-values profitent à l'État garant, ou au département s'il s'agit de lignes d'intérêt local; l'autre tiers seul profite au concessionnaire. Y a-t-il là pour lui un stimulant suffisant? Il est évident que non. En effet, toute amélioration de service, tout abaissement de tarif entraîne pour le concessionnaire certains sacrifices; il faut des circonstances bien favorables pour que la plus-value de recettes produite soit triple de la dépense. C'est cependant là la condition nécessaire pour que le concessionnaire ait intérêt à voir cette plus-value se réaliser.

Examinons notamment la question des tarifs : l'initiative de leur réduction appartient au concessionnaire; on ne peut donc espérer les voir s'abaisser que dans les cas où il y a intérêt. Or, tous les transports de matières pondéreuses ne peuvent s'effectuer qu'à des prix très bas; même à ces prix, ils constituent encore une opération lucrative. Transporter de la houille à six centimes par tonne et par kilomètre, même sur de petits parcours, est une excellente opération; à trois ou quatre centimes, c'est encore un transport en lui-même avantageux. Mais avec le barème que nous avons indiqué, le tarif à six centimes ne donnera au concessionnaire que deux centimes d'augmen-

tation dans la somme que lui attribue son forfait ; si le parcours n'est pas très long, ou si la ligne présente de fortes pentes, ces deux centimes ne couvriront pas ses frais. Il sera donc peu tenté d'établir un pareil tarif ; quant aux tarifs à base de trois ou quatre centimes, ils seraient, dans tous les cas, très onéreux pour l'exploitant, puisque le tiers de la recette, qui lui est attribué, ne représenterait pas même un centime et demi.

Et encore, nous n'avons envisagé que la recette à réaliser sur les transports à créer, sur ceux qu'un abaissement de tarifs provoquerait, et qui n'auront pas lieu sans cet abaissement. Mais il faut, en outre, tenir compte de la perte qu'une réduction de taxe amène sur le produit des transports acquis au chemin de fer en tout état de cause. Soit un courant de trafic qui, avec un tarif à neuf centimes par tonne kilométrique, donne 9.000 francs de recette brute. Sur cette recette, 3.000 francs reviennent au concessionnaire, et si la dépense spéciale que lui occasionnent ces transports, en sus des frais constants d'exploitation, n'est que de deux centimes par tonne kilométrique, soit de 2.000 francs en tout, il gagne encore 1.000 francs. Supposons qu'en réduisant le tarif d'un tiers, c'est-à-dire en le ramenant à six centimes, on puisse doubler le trafic ; la recette brute serait portée à 12.000 francs et la dépense à 4.000, c'est-à-dire à un chiffre précisément égal au tiers alloué au concessionnaire ; celui-ci, en augmentant de 2.000 francs le produit net de la ligne, au grand bénéfice de l'État et du public, aurait perdu les 1.000 francs de bénéfice qu'il réalisait tout à l'heure. Et le résultat serait le même, si au lieu de doubler simplement, le trafic avait triplé ou quadruplé. Ainsi, même dans le cas le plus favorable, dans celui, par exemple, où un léger abaissement d'un tarif enlèverait complètement à une voie concurrente un trafic important dont le chemin de fer n'a qu'une très faible fraction, cet abaisse-

ment serait onéreux au concessionnaire; par suite, il est irréalisable.

On a bien cherché, dans certaines conventions (*), à obvier à ces inconvénients en donnant à l'administration un certain droit d'initiative pour l'abaissement des tarifs, le concessionnaire ayant d'ailleurs soin de stipuler que les abaissements qui lui seraient imposés ne réagiraient pas sur le règlement de la garantie. Mais il est évident que l'intervention exceptionnelle de l'autorité supérieure ne peut produire les résultats que donnerait l'action incessante d'un concessionnaire intéressé à rechercher et à développer les sources de trafic.

On dit, à la vérité, que sur les lignes secondaires, où le parcours à effectuer est toujours court, et par suite le prix de transport minime, la question des tarifs est secondaire. Cependant il est certains produits, tels que les engrais et amendements, si importants dans les régions purement agricoles, pour lesquels la moindre augmentation du prix a une grande gravité, et limite la zone de vente.

D'autre part, il faut remarquer que, pour ces lignes, la recette principale est celle que donne la circulation des voyageurs. Mais le développement de cette circulation est essentiellement subordonné à l'organisation de trains desservant le public aux heures commodes, et donnant de bonnes correspondances. Or, le forfait d'exploitation exerce, sur l'organisation du service, la même influence fâcheuse au point de vue de la marche des trains qu'à celui des tarifs. En effet, pour que la création d'un train supplémentaire, régulier ou accidentel, soit avantageuse à l'exploitant, il faut que ce train procure une recette triple de la dépense qu'il nécessite, et c'est un cas bien rare en pratique.

Il est vrai qu'à l'inverse de ce qui a lieu pour les ta-

(*) Chemins d'intérêt local de la Meuse, art. 12 de la Convention approuvée par la loi du 3 mars 1885.

rifs, l'ordonnance du 15 novembre 1846 et les cahiers des charges donnent à l'administration le droit de fixer le nombre et l'horaire des trains. Aussi, dans les conventions forfaitaires, les concessionnaires ont-ils soin de stipuler que toute augmentation du nombre des trains donnera lieu à augmentation du forfait. Même avec cette stipulation, la création d'un train est pour eux lucrative ou onéreuse, non selon que ce train répond ou ne répond pas à des besoins réels, mais selon que le prix qui leur est payé est supérieur ou inférieur à la dépense. Par suite, au lieu de s'ingénier à desservir tous les mouvements possibles, ils règlent leurs propositions de service d'après les formules de la convention, et laissent le soin de provoquer les améliorations aux agents chargés du contrôle, toujours moins bien placés, pour découvrir les éléments de trafic, que l'exploitant en contact direct avec le public.

Nous avons pris comme exemple une formule forfaitaire d'après laquelle la partie des frais d'exploitation qui varie avec la recette brute est égale au tiers de cette recette. Avec les formules où le terme variable est des trois dixièmes ou du quart de la recette, les résultats seraient encore plus défavorables. Ils le sont un peu moins, avec les formules qui attribuent la moitié de la recette brute au concessionnaire, ou avec les barèmes algériens, qui se rapprochent de cette loi. Plus, en effet, le concessionnaire touche une part proportionnelle élevée dans la recette brute, plus il a intérêt à développer le trafic. Aussi vaut-il mieux, avec une recette probable de 4.000 francs, par exemple, fixer les dépenses d'exploitation à 1.200 fr. + $\frac{R}{2}$, qu'à 2.000 fr. + $\frac{R}{4}$. La première formule, si la recette est précisément égale aux prévisions, donnera au concessionnaire 200 francs de plus que la seconde; mais le concessionnaire aura moins de raisons pour se refuser aux mesures propres à attirer du trafic,

avec une formule lui attribuant une plus forte fraction de cette recette, et l'État y trouvera sans doute encore avantage.

Mais ce ne sont là que des différences de nuances. Dans tous les systèmes de forfaits, abaisser les tarifs, multiplier les trains, donner de nouvelles facilités au public, ce serait, de la part de l'exploitant, sacrifier ses propres intérêts; il serait peu prudent de compter trouver chez lui un pareil esprit de dévouement. On conçoit aisément à quelles conséquences ruineuses peuvent conduire des conventions faites ainsi, de manière à mettre obstacle à tout développement du trafic.

Les erreurs commises en ce qui touche l'exploitation sont d'autant plus déplorables que, en même temps qu'elles augmentent les charges de la garantie, elles stérilisent les sacrifices faits par l'État ou les départements. Lorsque des conventions mal conçues empêchent les tarifs et le service d'une ligne de recevoir les améliorations nécessaires pour que le trafic prenne le développement qu'il pourrait et devrait prendre, certains transports continuent à emprunter les anciennes voies de communication imparfaites, sans profiter de l'instrument perfectionné créé à grand frais; d'autres transports, dont le prix réel de revient serait très inférieur aux avantages qu'ils procureraient, ne s'effectuent pas. Il y a là une perte sèche pour tout le monde, et les populations, sur qui le déficit retombe sous forme d'impôts, ne trouvent plus la compensation espérée : les transports à bon marché.

d) *Conséquences des observations qui précèdent.* — Nous avons montré combien le forfait, appliqué aux dépenses d'établissement, exige une surveillance compliquée et difficile, et comment, en matière de dépenses d'exploitation, il constitue une combinaison onéreuse, qui va directement contre le but poursuivi par la création des

chemins de fer ou des tramways. Il s'impose cependant, comme la seule manière de limiter les sacrifices de l'État ou du département, lorsqu'on accorde une garantie d'intérêts avec des perspectives de trafic telles, que cette garantie doive nécessairement jouer indéfiniment. Nous avons vu, en effet, qu'en pareil cas le concessionnaire n'a aucun intérêt à limiter le montant annuel des avances qu'il demande à ses garants, puisque, quoi qu'il arrive, il est assuré de ne jamais rembourser ces avances. Si donc il pouvait porter en compte toutes ses dépenses, quelque élevé qu'en soit le chiffre, on serait sûr de voir ce chiffre croître dans des proportions énormes. Sans parler des allocations excessives que pourrait être tenté de s'allouer le personnel dirigeant, il est certain que, pour construire économiquement, pour exploiter une petite ligne avec très peu d'agents, pour restreindre tous les frais au minimum, il est nécessaire de s'ingénier et de déployer une vigilance constante. Telle petite compagnie, qui trouve moyen de réaliser des bénéfices sur la construction d'une ligne pour laquelle on lui alloue 50.000 francs par kilomètre, et sur les frais d'exploitation fixés par un barème à 4.000 fr., dépenserait peut-être le double dans les mêmes conditions, si, pour se faire rembourser intégralement, elle n'avait qu'à justifier de l'emploi des fonds en dépenses utiles.

On a cherché à éviter, à la fois, les inconvénients des forfaits et l'exagération des frais de construction et d'exploitation, en inscrivant, dans les comptes, les dépenses réelles limitées par un maximum; mais c'est là un palliatif bien insuffisant, toutes les fois que le concessionnaire n'est pas intéressé à ne faire appel à la garantie que dans la mesure la plus faible possible. Il est évident, en effet, que, dans ce cas, le maximum, à moins d'être très élevé, sera toujours atteint et par suite équivaldra, à peu près, à un forfait, au point de vue des intérêts du garant. Le seul avantage du maximum sur le forfait est, alors, d'obli-

ger le concessionnaire à employer effectivement sur la ligne la totalité des sommes pour lesquelles il jouira de la garantie, en sorte que l'établissement et l'entretien sont assurés dans de meilleures conditions. Mais il en résulte que les bénéfices à espérer par les demandeurs en concession se trouvent très diminués, en sorte que ceux-ci répugnent infiniment à accepter ces conditions, à moins qu'elles ne se combinent avec quelque clause ouvrant d'autres sources de gain, sur la construction ou l'émission des titres.

Devons-nous donc condamner absolument le système de la garantie d'intérêts appliquée aux compagnies secondaires? Nous n'oserions pas aller jusque-là. Nous l'avons dit, avec les habitudes prises maintenant en France par le public, la garantie est la condition presque nécessaire du crédit à bon marché, pour les concessionnaires de travaux publics; par suite, elle est difficile à éviter, si l'on veut concéder les lignes d'intérêt local ou les lignes qui, bien que qualifiées d'intérêt général, ne doivent pas donner un trafic plus élevé que les lignes d'intérêt local.

Mais, d'autre part, la concession à des compagnies secondaires est, il faut bien le reconnaître, un des meilleurs moyens d'organiser, sur ces lignes, une exploitation en rapport avec leur produit. L'exploitation de ces petits chemins de fer, en effet, est une industrie qui exige surtout une extrême économie et, par suite, une surveillance constante des détails les plus infimes, une étude minutieuse des circonstances qui peuvent permettre, ici de faire remplir deux fonctions par un seul agent, là d'employer une femme au lieu d'un homme, etc., etc. Les règlements généraux, les contrôles multiples et les hiérarchies compliquées des administrations d'État et des grandes compagnies s'y prêtent difficilement. D'autre part, le public est habitué à beaucoup exiger de ces grandes administrations; il accepterait difficilement, s'il

avait affaire à elles, les petites gênes et les sujétions qu'entraîne nécessairement une exploitation très économique, et auxquelles il se résigne avec une compagnie locale.

Les petites compagnies sont donc l'instrument le plus propre à assurer l'exploitation des chemins de fer ou des tramways qu'on peut encore vouloir établir, en dehors des lignes actuellement classées dans les sept grands réseaux. Mais, pour que ces compagnies donnent les bons résultats qu'on en peut attendre, il faut que des conventions bien faites les intéressent à la prospérité des petits réseaux qu'elles créent. Les forfaits, nous l'avons vu, ne conduisent nullement à ce but. Pour l'atteindre, il n'y a qu'un moyen, c'est de ramener la garantie à être ce qu'elle doit être réellement : un instrument de crédit, et non une subvention déguisée. Il faut renoncer absolument à garantir aux compagnies des recettes que jamais, dans les hypothèses les plus optimistes, le trafic ne leur donnera. Il faut que la garantie ne joue que temporairement, que le concessionnaire trouve, dans le développement des transports, la source réelle de ses bénéfices et la seule manière d'accroître son dividende.

Comment arriver à ce but, pour les lignes qui ne peuvent évidemment pas donner un trafic en rapport avec les dépenses d'établissement ? En rendant franchement le caractère de subvention à toute la partie des sacrifices de l'État ou du département, qui doit rester indéfiniment à leur charge. Garantir l'intérêt d'un capital de 80.000 francs par kilomètre, pour un réseau dont la recette brute sera probablement de 3.000 ou 4.000 francs, et ne dépassera jamais 6.000 ou 7.000 francs dans les hypothèses les plus optimistes, c'est se leurrer soi-même, en appelant garantie ce qui est un don pur et simple. Il faut avoir le courage d'envisager les choses comme elles sont ; et s'il est nécessaire, pour qu'un petit réseau ait

chance de couvrir ses frais, de ramener le capital à rémunérer au tiers ou au quart de la dépense d'établissement, il n'y a qu'à allouer franchement les deux autres tiers ou les trois autres quarts, à titre de subvention définitivement donnée. Pour le cas où des circonstances impossibles à prévoir amèneraient un jour un développement des transports tout à fait inattendu, on peut toujours introduire une clause de partage des bénéfices, qui fera rentrer dans les caisses publiques une portion de ces recettes inespérées. Le partage des recettes nettes peut, en effet, être stipulé sans inconvénients, puisqu'en laissant une part du bénéfice au concessionnaire, il l'intéresse à en provoquer le développement; tandis que les formules de forfait, qui équivalent à un partage de la recette brute, arrêtent le développement du trafic, comme nous l'avons vu, en rendant onéreuses pour l'exploitant des mesures qui, en elles-mêmes, sont avantageuses.

Nous disons qu'il peut y avoir lieu de ramener à une faible fraction des dépenses d'établissement, au moyen de subventions, le capital fourni par le concessionnaire et auquel s'appliquera la garantie. Il est dangereux, cependant, de réduire par trop ce capital; car alors les concessionnaires, qui n'engagent que des sommes négligeables dans l'entreprise, ne présentent plus eux-mêmes les garanties suffisantes. Pour être sûr que les demandeurs en concession avec qui l'on traite sont sérieux, qu'ils ont examiné la portée de leurs engagements et qu'ils ont les moyens d'y faire face, il n'est rien de tel que de les obliger à mettre dans l'affaire un capital d'une certaine importance relative. Il nous semblerait fort imprudent de signer des traités qui n'obligeraient pas les concessionnaires à fournir, au moins, une dizaine de mille francs de capital par kilomètre concédé, pour les lignes les plus économiques.

Une pareille clause ne peut pas, ou tout au moins ne doit pas, être un obstacle à ce que les conventions soient rédigées de manière à constituer des compagnies solvables vis-à-vis de leurs garants. Si l'étude approfondie des éléments de trafic d'un chemin de fer, ou d'un tramway, ne donne pas la quasi certitude que ce chemin de fer ou ce tramway, au bout de quelques années, couvrira ses frais d'exploitation et même donnera quelques centaines de francs de recette nette, il n'y a qu'un parti sage et raisonnable, c'est de ne pas l'établir. Si, au contraire, on peut compter sur une certaine recette nette, il faut calculer, d'après le montant probable de cette recette, la portion du capital à fournir par le concessionnaire, et donner le surplus à titre de subvention, de manière à faire reprendre à la garantie son caractère d'avance temporaire, devant servir seulement à attendre que le trafic ait atteint son développement normal.

Dans ces conditions, les difficultés relatives à l'émission des obligations disparaissent à peu près complètement. Le capital à fournir par la compagnie, réduit à un chiffre minime, peut être constitué tout entier par les actionnaires. Tout au plus devra-t-on procéder ultérieurement, pour des travaux complémentaires, à des emprunts trop peu importants pour qu'il y ait lieu de se préoccuper des spéculations possibles.

Au point de vue de la part des dépenses d'établissement qui n'est pas payée par les subventions, on peut allouer une garantie d'intérêts d'après les dépenses réellement faites et dûment justifiées; on peut même la régler d'après un forfait, sans que cela fasse une grande différence, du moment où il s'agit d'une somme minime. Tout ce qui importe, c'est de ne pas charger le concessionnaire à forfait de l'ensemble des travaux, en lui versant en argent la partie du capital d'établissement donnée à titre de subvention non remboursable. En pareil cas,

en effet, il peut arriver que la somme laissée au compte de la compagnie, sur la dépense, soit assez faible pour que cette compagnie espère réaliser sur le forfait une économie à peu près équivalente, ce qui réduirait à rien le capital effectivement fourni par elle. Supposons, par exemple, que, la dépense étant évaluée à 60.000 francs, on verse, à titre de subvention, une somme fixe de 45.000 francs, en garantissant à forfait l'intérêt des 15.000 francs que doit fournir le concessionnaire; si celui-ci économise un sixième par rapport à la dépense prévue de 60.000 francs, le capital fourni par lui se trouve réduit à 5.000 francs par kilomètre, et ne constitue plus une garantie suffisante.

Il est donc nécessaire que la subvention soit fournie en travaux exécutés, soit par d'autres entrepreneurs, soit par le concessionnaire, mais sans forfait. L'État ou le département peut, par exemple, livrer la plate-forme de la voie ou même exécuter une partie de la superstructure, en ne laissant à faire par la compagnie qu'une dépense en rapport avec la recette nette probable, dépense qui sera trop peu importante pour qu'il y ait beaucoup à gagner, soit sur l'exécution des travaux, soit sur les opérations financières nécessaires à la réunion du capital.

Dans ces conditions, la seule source de bénéfices que le concessionnaire pourra avoir en vue sera un développement du trafic lui permettant de dépasser le dividende garanti. On pourra compter, alors, sur son propre intérêt, pour éviter les dépenses inutiles, qui augmenteraient le montant des avances annuelles du chef de la garantie, et l'on n'aura pas besoin de fixer à forfait les dépenses d'exploitation. Il sera toujours prudent, néanmoins, d'insérer dans la convention un maximum pour ces dépenses, de manière à les limiter dans le cas où l'on aurait, sur le trafic, des mécomptes assez importants pour que, contrairement aux prévisions, l'appel à la garantie se prolonge

pendant toute la concession. Mais, en dehors de ce cas, qui doit être exceptionnel si les études ont été bien faites, le maximum ne jouera pas comme forfait, parce que le concessionnaire lui-même sera intéressé à restreindre ses dépenses, pour ne pas grossir sa dette, et dès lors, on évitera tous les graves inconvénients que nous avons signalés à propos des forfaits.

Néanmoins, en vue du cas où les dépenses d'exploitation atteindraient le maximum, il convient de calculer ce maximum de manière à intéresser, autant que possible, l'exploitant au développement des recettes, en augmentant la fraction de ces recettes qui lui est attribuée, sauf à diminuer en compensation la partie constante. Les formules de la forme $A + \frac{R}{2}$ sont à cet égard, comme nous l'avons dit, préférables aux formules dans lesquelles n'entre que $\frac{R}{3}$ ou $\frac{R}{4}$.

Mais, malgré ces précautions, on n'arrivera jamais à trouver un régime satisfaisant pour une concession qui tomberait sous le régime de l'appel perpétuel à la garantie. Pour ne pas s'exposer à ce danger, le point important c'est de n'entreprendre la construction d'aucune ligne, sans en avoir étudié d'une manière approfondie les éléments de trafic. C'est cette étude, on ne saurait trop le répéter, qui devrait être l'élément capital dans l'instruction de ces affaires; c'est pour l'avoir trop négligée, que plusieurs départements ont si gravement compromis leur situation financière.

Cependant, il faut bien reconnaître que les études, même les plus sérieuses, laissent toujours planer une certaine incertitude sur les recettes futures d'une ligne. L'expérience seule peut donner des notions précises sur l'importance du trafic. La seule manière sûre d'éviter de graves déconvenues, c'est donc de procéder, pour les petits réseaux, comme on l'a fait pour les grands, en exécutant d'abord les meilleures lignes, et en attendant,

avant d'entreprendre les autres, qu'on soit certain de ne pas s'être trompé dans les calculs relatifs aux premières.

Dans ces conditions, il ne serait peut-être pas impossible de se soustraire à toutes les difficultés engendrées par les fâcheuses habitudes qui ont donné, depuis quelques années, tant d'extension aux garanties d'intérêts. Une petite ligne, subventionnée dans une mesure assez large, n'exige qu'un capital très restreint, qu'il ne serait peut-être pas partout impossible de réunir sans recourir à ces émissions dont la garantie est aujourd'hui la condition nécessaire. On verrait alors reparaitre ce qui est devenu un mythe : un concessionnaire exploitant, à ses risques et périls, une petite ligne de chemin de fer dont il aurait accepté la concession en raison de ses perspectives de trafic. Si une première ligne, exploitée dans ces conditions, donnait des résultats satisfaisants, on aurait ensuite la faculté d'étendre progressivement le réseau, en émettant des obligations garanties ; mais alors, les conditions de la garantie et la proportion des subventions, discutées en prenant pour base des résultats acquis, pourraient être arrêtées de manière à éviter tout risque de déficit perpétuel à combler par le garant. Sans doute, ce procédé ne permettrait de constituer qu'assez lentement les réseaux locaux. Mais il n'existe pas de moyen de faire sagement, en un jour, ce qui doit être l'œuvre du temps, et d'engager de grosses sommes, d'un seul coup, dans des entreprises nouvelles, sans risquer de grosses pertes.

Après avoir passé en revue les avantages et les inconvénients des divers systèmes de garantie appliqués à la concession des réseaux à faible trafic, il nous reste à rechercher quelle est l'étendue des engagements de cette nature contractés jusqu'ici par l'État, et quelles conséquences financières ces engagements entraîneront dans les prochaines années.

Situation et charges futures de la garantie pour les réseaux algériens. — Nous avons déjà exposé (page 254) la situation financière des deux lignes concédées en Algérie à la compagnie de P.-L.-M. Nous avons vu que ces deux lignes couvrent à peu près leurs charges, et n'imposent plus à l'État de sérieux sacrifices. Il n'en est malheureusement pas de même des quatre autres réseaux algériens, ainsi que le montre le tableau ci-dessous ; ce tableau donne le montant des insuffisances à combler par la garantie pour chacun des derniers exercices :

EXERCICES	BÔNE A GUELMA	EST- ALGÉRIEN	OUEST- ALGÉRIEN	FRANCO- ALGÉRIENNE	TOTAL
1882	6.223.000	1.683.000	"	"	7.906.000
1883	6.060.000	3.686.000	143.000	"	10.883.000
1884	7.032.000	3.360.000	433.000	"	10.825.000
1885	7.545.000	2.569.000	1.090.000	141.000	11.345.000
1886	7.859.000	4.670.000	1.509.000	527.000	14.565.000
1887	7.791.000	7.666.000	1.590.000	957.000	18.004.000
1888	9.231.000	8.507.000	1.642.000	1.629.000	21.009.000

L'examen de la situation spéciale de chaque compagnie ne permet pas d'espérer que le mouvement ascendant s'arrête prochainement.

a) *Bône à Guelma.* — Cette compagnie a été fondée par la Société de construction des Batignolles (maison Gouin), pour reprendre la concession de la ligne d'intérêt local de Bône à Guelma, concédée en 1874 par le département de Constantine, avec la garantie d'un intérêt de 6 p. 100 sur un capital forfaitaire de 12 millions.

En 1877, cette ligne a été incorporée au réseau d'intérêt général, et l'État s'est substitué au département pour la garantie d'intérêt. En même temps, il accordait à la compagnie :

1° Une garantie d'intérêts de 6 p. 100, sur un capital forfaitaire de 44.296.114 francs, pour les lignes de Guelma

au Kroubs et de Duvivier à Souk-Arrhas, concédées à la Société des Batignolles qui les lui rétrocédait;

2° Une garantie de revenu de 10.122 francs par kilomètre, jusqu'à concurrence de 220 kilomètres, pour les lignes de la Medjerdah, rétrocédées par la compagnie qui en était concessionnaire, en Tunisie.

Une loi de 1882 a accordé à la Compagnie de Bône-Guelma une garantie de 5 p. 100 pour la ligne de Souk-Arrhas à Sidi-el-Hemessi, sur un capital forfaitaire de 25 millions, et une loi de 1885 une garantie de 5 p. 100, pour la ligne de Souk-Arrhas à Tébessa, sur un capital forfaitaire de 15.450.000 francs, auquel 2 millions pourront s'ajouter pour travaux complémentaires.

La compagnie est, depuis longtemps, en instances pour obtenir un supplément de garantie, pour une somme de 2 millions qu'elle a dépensée, sur l'ancienne ligne d'intérêt local, en sus du capital garanti.

Le capital-actions est de 30 millions, pour un ensemble de dépenses représentant 135 millions, soit un peu moins d'un quart du total.

Nous avons montré (page 291) comment la compagnie n'a pas tiré profit de l'élévation du taux de la garantie qui lui était accordée par la loi de 1877; elle n'a pas davantage bénéficié des économies qui ont pu être réalisées sur les frais de construction, ayant elle-même traité à forfait, pour l'exécution des travaux, avec la Société des Batignolles, à qui elle payait la presque totalité du capital garanti. Aussi quand, en 1886, des orages exceptionnels ont causé sur le réseau des dégâts qui ont exigé des réfections onéreuses et entraîné une dépense de près de 3 millions, la compagnie se serait-elle trouvée sans moyens d'y faire face, à moins de réduire son dividende, si le taux de placement des obligations émises pour la ligne de Souk-Arrhas à Sidi-el-Hemessi n'avait laissé disponible une partie de l'annuité ga-

rantie, qui a pu être appliquée à gager un nouvel emprunt.

Les frais d'exploitation sont fixés à forfait ; pour toutes les lignes concédées antérieurement à 1885, le barème prévoit, tant que la recette n'atteindra pas 11.000 francs, une dépense invariable, qui monte à 7.000 francs sur la ligne de Bône à Guelma, et à 7.700 francs sur les autres lignes. Comme la recette, sur ces lignes, est très inférieure à 11.000 francs, et n'a atteint, en moyenne, que 6.300 francs en 1886 et 1887, et 5.000 francs en 1888, les accroissements de trafic n'entraînent aucune augmentation des sommes allouées à la compagnie pour les dépenses d'exploitation, et sont par suite, pour elle, une charge sans compensation. Cette charge est d'autant plus sensible que, sauf pour la ligne de Souk-Arrhas à Tébessa, aucune augmentation du capital garanti n'est prévue pour travaux complémentaires, et qu'ainsi, si un mouvement de transports plus considérable exigeait l'extension de certaines gares ou des acquisitions de matériel, l'intérêt des emprunts contractés à cet effet, devrait être prélevé sur le dividende. Il est évident que cette situation est infiniment peu favorable au développement des recettes.

La convention de 1885, en abaissant le minimum des frais d'exploitation de la ligne nouvelle à 5.000 francs pour 5.000 francs de recette brute, a diminué les inconvénients qu'entraîne l'existence même de ce minimum. En ce qui concerne les lignes anciennes, on a cherché à atténuer ces inconvénients, en profitant de ce que les clauses des conventions n'étaient pas absolument claires sur la question de savoir si l'État devait avancer, outre l'intérêt garanti, la différence entre le forfait d'exploitation et la recette, au cas où celle-ci serait inférieure au minimum forfaitaire. Le Ministre des Travaux publics, en acceptant sur ce point l'interprétation, rationnelle

d'ailleurs, qui comprend dans le chiffre des versements annuels de l'État les insuffisances de l'exploitation, a fait prendre par la compagnie l'engagement de ne jamais distribuer plus de 6 p. 100 à ses actionnaires, tant que les avances faites de ce chef ne seraient pas remboursées.

Cette clause suppose que les économies réalisées par la compagnie, sur le forfait d'exploitation, seront mises en réserve ou employées au remboursement de l'État. Jusqu'en 1887, ces économies, pas plus que celles qui étaient réalisées sur la construction, ne profitaient à la compagnie, par suite d'une organisation particulière, qui comportait une participation financière de la Société des Batignolles dans le service de l'exploitation, et faisait bénéficier cette société des excédents du forfait sur les dépenses réelles. Cette organisation singulière a pris fin le 1^{er} janvier 1887.

Toutes les lignes concédées avant 1885 à la compagnie de Bône à Guelma, en Algérie et en Tunisie, d'une étendue de 521 kilomètres, sont en exploitation depuis plusieurs années. Les lignes de Souk-Arrhas à Tébessa (129 kilomètres) et de Beja-ville à Beja-gare (8 kilomètres situés en Tunisie), qui complètent le réseau, ont été ouvertes en 1888. Le revenu garanti, pour l'exercice 1887, est de 7.297.000 francs, auxquels s'ajoutent 344.000 francs pour l'amortissement des obligations. Les barèmes donnent pour les frais d'exploitation une somme de 4.370.000 francs, tandis que la dépense réelle a été de 3.869.000 francs. La dépense forfaitaire étant supérieure à la recette réalisée en 1888, qui a été de 2.780.000 francs seulement, le montant des avances réclamées à l'État atteint 9.231.000 francs. Pour 1889, l'application de la garantie, pendant l'année entière, aux lignes ouvertes en 1888, augmentera encore de 430.000 francs le revenu garanti, et d'une centaine de mille francs

les insuffisances de l'exploitation. Comme on ne constate pas, jusqu'ici, de plus-value dans les recettes, il est probable que l'appel à la garantie montera à près de 10 millions. Il est vrai que l'année 1888 a donné, sur l'ancien réseau, une baisse exceptionnelle de recette de 678.000 francs, par suite de la mauvaise récolte dont les effets se font encore sentir. Mais, même sans tenir compte de cette perte accidentelle, on est encore bien loin d'atteindre le chiffre de recettes jusqu'auquel la dépense d'exploitation est constante, en vertu des barèmes. Il faudrait que les recettes doublassent, pour dépasser le chiffre au delà duquel la compagnie cesserait d'avoir intérêt à ce que le trafic fût aussi faible que possible. A ce moment, l'appel à la garantie serait encore de 5 à 6 millions par an. Il est inutile, dans de pareilles conditions, de discuter la probabilité de l'extinction de la dette de la compagnie, qui atteint déjà 70 millions.

b) *Est-Algérien*. — Cette compagnie, constituée par M. Joret, qui lui a transmis la concession de la ligne de Constantine à Sétif obtenue en 1875, a été également concessionnaire de lignes d'intérêt local qui sont aujourd'hui incorporées au réseau d'intérêt général. La garantie, stipulée sous la forme tantôt d'un revenu net kilométrique, tantôt d'un intérêt fixé sur un capital forfaitaire, a été calculée au taux de 6 p. 100 pour les lignes les plus anciennes, et de 5 p. 100, amortissement compris, pour celles qui ont été concédées depuis 1880. Sur un capital total de 175 millions, dépensé au 31 décembre 1888, et représentant la presque totalité des frais d'établissement du réseau concédé, qui est aujourd'hui achevé, le capital-actions n'est que de 25 millions, ou $\frac{1}{7}$, ce qui laisse bien peu de marge pour parer aux éventualités fâcheuses qui pourraient se présenter dans l'avenir. Le dividende est actuellement de 6 p. 100, comme pour la compagnie de Bône à Guelma.

Les barèmes d'exploitation comportent une dépense minima de 7.000 francs ou 7.460 francs, correspondant à 11.000 francs de recette, pour les 532 kilomètres de lignes concédées jusqu'en 1880 et aujourd'hui en exploitation. Mais les sommes avancées par l'État pour couvrir les insuffisances de l'exploitation ne peuvent servir à augmenter le dividende. La convention de 1884 a réduit le minimum des frais d'exploitation à 5.000 francs, lorsque la recette ne dépasse pas 5.000 francs, pour la ligne de Batna à Biskra, longue de 111 kilomètres. Pour les lignes de Ménerville à Tizi-Ouzou et de Bougie à Beni-Mansour, concédées en 1883 et 1884 et longues de 140 kilomètres, lorsque la recette descend au-dessous de 7.460 francs, on porte en compte les dépenses réelles d'exploitation, sans qu'elles puissent excéder 7.460 francs. Pour la ligne des Ouled-Ramoun à Aïn-Beida (92 kilomètres concédés en 1885), la même disposition s'applique, avec substitution du chiffre de 5.000 francs à celui de 7.460 francs. Cette dernière concession est la seule qui prévoie l'exécution de travaux complémentaires; sur toutes les autres lignes, ces travaux, quand ils deviendront nécessaires, n'augmenteront pas le montant du capital garanti.

Les dernières sections du réseau concédé à la compagnie de l'Est-Algérien, réseau d'une étendue totale de 887 kilomètres, viennent d'être ouvertes à l'exploitation. La longueur moyenne exploitée en 1888 a été de 683 kilomètres, et la recette kilométrique de 6.200 francs. Même sur la ligne principale de Maison-Carrée à Constantine, ouverte depuis plus de deux ans, elle n'a pas atteint 7.000 francs. On voit que, comme pour la compagnie de Bône-Guelma, on est singulièrement loin du chiffre de 11.000 francs, qui donnerait lieu à une augmentation du forfait d'exploitation sur la plupart des lignes. Les comptes rendus aux actionnaires ne font pas connaître les dépenses réelles d'exploitation; mais elles restent en

moyenne inférieures aux barèmes. Les excédents sont portés à un fonds de réserve, puisque, comme nous l'avons dit, le dividende ne pourra être augmenté tant que les recettes ne couvriront pas les frais d'exploitation. En 1888, le fonds de réserve a d'ailleurs diminué au lieu d'augmenter, par suite de la nécessité de réparer les dégâts dus aux inondations.

Pour l'année 1888, le revenu garanti était de 7.889.000 francs; les formules d'exploitation allouaient pour les dépenses une somme de 4.831.000 francs, tandis que la recette n'a été que de 4.212.000 francs, ce qui porte à 8.507.000 francs les avances demandées à l'État.

Lorsque la garantie s'appliquera à tout le réseau pour l'année entière, c'est-à-dire en 1890, le revenu garanti augmentera de 2.138.000 francs. Il y a lieu de croire que, pour les lignes nouvelles comme pour les anciennes, la recette brute, au début, sera inférieure aux dépenses d'exploitation. L'appel à la garantie montera donc bientôt à environ 11 millions; il se prolongera, sans aucun doute, bien au delà du temps pour lequel on peut raisonnablement établir des prévisions sur la variation du trafic dans un pays neuf.

c) *Ouest-Algérien*. — Cette compagnie avait obtenu, en 1874, la concession de la ligne d'intérêt local de Sainte-Barbe-du-Tlélat à Sidi-bel-Abbès, longue de 51 kilomètres, avec une garantie du département d'Oran, montant à 6 p. 100. Une loi du 22 août 1881 a incorporé cette ligne au réseau d'intérêt général, et des concessions ultérieures ont porté le réseau de l'Ouest-Algérien à 372 kilomètres, en fixant le taux de la garantie, amortissement compris, à 5 p. 100 pour la ligne de Tabia à Tlemcen, et à 4',85 p. 100 pour les autres lignes. Ainsi, l'Ouest-Algérien est la compagnie qui offre à l'État l'argent au meilleur marché, en Algérie. De plus, les garan-

ties qui lui ont été allouées, jusqu'en 1885, se calculent sur le pied des dépenses réelles de construction, limitées par un maximum, sauf pour la ligne de Sainte-Barbe-du-Tlélat à Sidi-bel-Abbès, pour laquelle le capital a été arrêté à forfait en 1881. La convention de 1886, pour la ligne de Blidah à Berrouaghia (87 kilomètres), est malheureusement revenue au système du forfait ; toutefois, elle prévoit un compte de travaux complémentaires de 2 millions, et les conventions antérieures en ont ouvert un de 5.100.000 francs pour le reste du réseau. Pour un ensemble de dépenses, prévu par les conventions, s'élevant à 80 millions environ, le capital-actions est de 17 millions, soit un peu plus du cinquième.

Les conventions antérieures à 1885 établissaient, pour les frais d'exploitation, des barèmes avec minima de 7.460 francs ou de 7.000 francs, pour des recettes de 9.000 à 11.000 francs. Pour la ligne de Tabia à Tlemcen, lorsque la recette descend au-dessous de 7.000 francs, les dépenses réelles d'exploitation sont seules admises en compte. Pour la ligne de Blidah à Berrouaghia, ces dépenses se calculent d'après la formule $3.500 + \frac{R}{3}$. Mais, pour l'ensemble du réseau, la compagnie s'est engagée à ne pas distribuer à ses actionnaires les excédents du forfait d'exploitation sur les dépenses réelles, et doit les affecter, d'abord à constituer un fonds de réserve, puis à éteindre sa dette envers l'État.

On voit que la compagnie de l'Ouest-Algérien ne s'est réservé que fort peu d'éléments de gain, tant qu'elle fera appel à la garantie. A l'inverse des compagnies précédentes, elle reste intéressée à développer son trafic, puisqu'elle ne pourrait augmenter sensiblement le revenu de ses actionnaires (aujourd'hui de 5 p. 100), qu'après avoir éteint entièrement sa dette envers l'État. Les chemins dont elle est concessionnaire ont, d'ailleurs, des recettes mieux en rapport avec les charges que les

autres réseaux. Pour les lignes en exploitation en 1888 (264 kilomètres), le revenu garanti s'élevait à 2.208.000 fr. La recette moyenne a été de 10.017 francs, donnant un total de 2.599.000 francs, qui excède de 566.000 francs les sommes allouées par les conventions pour couvrir les dépenses, en sorte qu'il n'a été demandé à l'État que 1.642.000 francs. Le montant des dépenses réelles d'exploitation n'a atteint que 1.769.000 francs, laissant disponible, sur le montant du forfait, 263.000 francs à porter à la réserve, qui atteint près d'un million.

Les lignes restant à ouvrir porteront le revenu garanti à près de 4 millions, et les travaux complémentaires pourront y ajouter encore environ 300.000 francs ; mais ces travaux complémentaires ne deviendront nécessaires que si le trafic se développe. Les lignes qui s'ajouteront aux lignes en exploitation, paraissent de nature à donner, comme elles, un bénéfice net plutôt qu'une perte. Enfin, dès que la réserve spéciale atteindra 2.600.000 francs, les économies réalisées sur les barèmes d'exploitation viendront, pour deux tiers, en déduction des avances de l'État, l'autre tiers appartenant à la compagnie. On peut donc espérer que l'appel à la garantie ne dépassera guère 3 millions par an.

La dette de la compagnie envers l'État n'atteint pas 5 millions.

d) *Compagnie Franco-Algérienne*. — Les origines de cette compagnie diffèrent de celles des autres compagnies dont nous nous sommes occupé jusqu'ici. Elle a été constituée, en effet, non en vue de la création et de l'exploitation des chemins de fer, mais en vue de l'exploitation des produits agricoles, notamment de l'exploitation de l'alfa, pour laquelle un monopole lui avait été accordé par le gouvernement, dans une certaine étendue du territoire. Pour assurer l'écoulement de ces produits, la Compagnie Franco-

Algérienne a établi, sans subvention ni garantie d'intérêts, la ligne d'Arzew à Saïda et prolongements. Depuis longtemps, elle a sollicité, sans succès, l'application d'une garantie à cette ligne, dont le compte d'établissement atteint 34.500.000, et qui a motivé des émissions d'obligations exigeant une annuité de 1.612.800 francs. La ligne non garantie d'Arzew à Saïda et Kralfallah, longue de 215 kilomètres, qui donnait en 1883 13.000 francs de recette brute par kilomètre, n'a plus donné en 1888 que 7.700 francs, par suite de la baisse du trafic de l'alfa. Le produit net total n'a été que de 411.000 francs, et la compagnie, dont les entreprises agricoles n'ont pas été plus heureuses, est arrivée à l'impossibilité d'assurer le service de sa dette.

On peut s'étonner qu'une compagnie dans une pareille situation ait obtenu, assez récemment, des concessions importantes avec garantie d'intérêts. La première de ces concessions, celle d'Aïn-Thizy à Mascara, remonte à une époque où la situation était loin d'être aussi compromise. D'un autre côté, lors des insurrections du Sud Oranais, la compagnie avait prolongé jusqu'à Mécheria, pour le compte de l'État, la ligne dont elle était concessionnaire. On a donc été obligé de s'adresser à elle pour assurer l'exploitation de ce prolongement, et d'appliquer une garantie aux avances qu'elle avait faites pour en fournir l'outillage et le matériel. Enfin, pour éteindre diverses réclamations et demandes en dommages-intérêts, que la compagnie formulait contre l'État, le gouvernement s'est engagé envers elle, en 1883, à présenter au Parlement des projets de loi pour lui concéder un certain nombre de lignes, et c'est en exécution de cet engagement que son réseau a reçu ses dernières extensions.

Il va de soi qu'une compagnie dont le capital-actions était englouti dans des entreprises malheureuses, et dont la solvabilité était douteuse, n'aurait pu trouver de l'ar-

gent au taux garanti par l'État, si le revenu garanti avait dû devenir le gage commun de ses créanciers anciens et nouveaux. On a donc dû, dans les derniers actes de concession, affecter spécialement la garantie aux porteurs des titres émis pour chaque ligne ; on a même étendu, rétroactivement, cette disposition à la ligne d'Aïn-Thizy à Mascara, comme nous l'avons déjà dit page 294.

Le privilège ainsi constitué n'a pas tardé à être invoqué, car la Compagnie Franco-Algérienne vient d'être mise en faillite. Un peu avant de tomber en faillite, elle avait, par un traité approuvé par la loi du 30 mai 1888, affermé pour cinq ans l'exploitation de toutes ses lignes à la Compagnie de l'Ouest-Algérien. La Compagnie fermière exploite pour le compte de la faillite, à qui elle verse l'excédent net des recettes sur les dépenses, sans que ce fait réagisse sur le règlement des garanties accordées par l'État aux deux réseaux. Il est permis de voir, dans ce traité, un premier pas vers la reprise des lignes de la Compagnie Franco-Algérienne, par la Compagnie de l'Ouest-Algérien.

La garantie, pour la ligne d'Aïn-Thizy à Mascara, longue de 12 kilomètres, porte sur les dépenses réelles, jusqu'à concurrence de 1.500.000 francs, auxquels 100.000 francs pourront être ajoutés pour travaux complémentaires. La ligne de Mostaganem à Tiaret (200 kilomètres) a donné lieu à une garantie calculée sur un capital forfaitaire de 21.656.000 francs, dont 1.000.000 pour travaux complémentaires. Pour la ligne de Kral-fallah à Mécheria, la garantie s'applique : 1° à une somme de 1.480.000 francs, valeur forfaitaire des dépenses d'outillage et d'acquisition de matériel antérieures à la date de la convention ; 2° aux dépenses qui pourront être faites ultérieurement pour travaux complémentaires, jusqu'à concurrence de 1.220.000 francs. Le taux de ces trois garanties est de 5 p. 100, amortissement compris.

Pour la ligne de Mécheria à Aïn-Sefra (102 kilomètres), on a garanti l'intérêt à 4',85 p. 100, amortissement compris, sur un capital forfaitaire de 7.825.000 francs, avec augmentation possible de 300.000 francs pour travaux complémentaires.

Les frais d'exploitation, pour les trois premières lignes, se calculent d'après un tableau qui fixe, à forfait, la dépense à 6.500 francs pour une recette de 6.500 à 9.000 francs ; à 73 p. 100 de la recette brute, sans excéder 6.900 francs, pour une recette de 9.000 à 10.000 francs, et ainsi de suite ; au-dessous de 6.500 francs de recette, on porte en compte la dépense réelle. Pour la ligne de Mécheria à Aïn-Sefra, on applique la formule $3.500 + \frac{R}{3}$, avec minimum de 5.000 francs.

En 1888, les lignes d'Aïn-Thizy à Mascara, de Kral-fallah à Mécheria et de Mécheria à Aïn-Sefra, exploitées pendant toute l'année et longues de 252 kilomètres, ont donné une recette brute de 485.000 francs, soit moins de 2.000 francs par kilomètre. La somme portée en compte pour les dépenses d'exploitation, égale pour les deux premières lignes aux dépenses réelles, soit 663.000 francs, et fixée à forfait à 510.000 francs pour la troisième, laissait un déficit de 671.000 qui, ajouté au revenu net garanti, a porté à 1.200.000 les avances de l'État.

Les parties déjà ouvertes à l'exploitation sur la ligne de Mostaganem à Tiaret ont augmenté de 429.000 les charges de la garantie. Lorsque cette ligne sera entièrement ouverte, elle donnera droit à la compagnie à un revenu de 1.083.000 francs. Il n'est pas possible d'établir actuellement des prévisions pour son trafic, mais il serait imprudent de compter sur des recettes nettes, au moins dans les premières années.

En ajoutant donc le revenu garanti pour cette ligne au déficit constaté sur les autres, en 1888, on voit que l'appel annuel fait à la garantie, pour les lignes de la Compa-

gnie Franco-Algérienne, dépassera largement 2 millions.

e) *Résumé.* — Il résulte des calculs ci-dessus, que l'on ne peut évaluer à moins de 26 millions le montant total des charges annuelles que la garantie d'intérêts imposera à l'État, à très bref délai, pour les lignes algériennes. Les plus-values des recettes viendront sans doute, dans l'avenir, en atténuation de ce chiffre. Dans un pays neuf, où la colonisation prend un rapide essor, comme l'Algérie, on peut espérer que ces plus-values seront importantes, mais il est impossible de trouver à cet égard, dans le passé, des indications concluantes pour l'avenir. L'inégalité des récoltes amène, d'une année à l'autre, des différences telles qu'il est impossible d'essayer de déterminer une loi de progression. Ce que l'on peut dire, c'est que, dans ces dernières années, les progrès n'ont pas été très marqués.

Il est intéressant de rapprocher le montant des avances réclamées à l'État, en 1887 et 1888, du montant de la recette brute :

EXERCICES	BÔNE- GUELMA	EST- ALGÉRIEN	OUEST- ALGÉRIEN	FRANCO- ALGÉRIENNE
	francs	francs	francs	francs
1887 { Recette brute . .	3.275.000	4 029.000	2 217.000	532 000
{ Avances	7.791.000	7.666.000	1.590.000	957.000
1888 { Recette brute . .	2.780.000	4.212.000	2.599.000	557.000
{ Avances	9 231.000	8.507.000	1.642.000	1.629.000

Pour une seule compagnie, celle de l'Ouest-Algérien, les recettes ont contribué à couvrir les charges, dans une plus large mesure que la garantie d'intérêts. Cette compagnie est la seule, également, dont le réseau donne une recette excédant les frais d'exploitation, la seule que son système de conventions intéresse réellement au développement du trafic. Peut-être ces conditions lui permet-

tront-elles un jour d'acquitter sa dette. Pour le réseau de la compagnie Franco-Algérienne, il est difficile de faire des prévisions avant de savoir ce que donnera la ligne de Mostaganem à Tiaret; mais les premières lignes donnent des résultats bien peu satisfaisants. Enfin, pour les deux principales compagnies, Bône-Guelma et Est-Algérien, qui demandent chaque année à l'État des avances doubles de leurs recettes, il nous semble que l'optimisme le plus déterminé pourrait difficilement faire croire que le régime de la garantie ne soit pas perpétuel, et que l'exploitation perde jamais son caractère actuel : une régie pour le compte de l'État, dont les conditions sont telles que le régisseur, maître des tarifs, a intérêt à transporter le moins possible.

Nous rappelons que les conventions de 1885 ont posé le principe du déversement des excédents de recette d'une ligne à l'autre. La spécialité des comptes par ligne n'existe donc plus, au fond, que pour la Compagnie Franco-Algérienne, pour laquelle elle est la conséquence forcée du privilège des obligations.

Garantie d'intérêts pour les chemins de fer d'intérêt local et les tramways. — Pour la France continentale, c'est par l'application de la loi du 11 juin 1880, sur les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, que la garantie d'intérêt a commencé à s'étendre, dans une assez large mesure, aux compagnies secondaires. L'exécution des lignes d'intérêt local, sans le concours financier de l'État et des départements, était évidemment impossible. D'un autre côté, on avait été frappé du peu d'efficacité des subventions consistant en un capital une fois donné, conformément à la loi de 1865; ces subventions, en effet, ne procuraient pas aux compagnies le crédit dont elles avaient besoin, et n'assuraient pas l'exploitation des lignes une fois construites. Attri-

buant au système lui-même des vices qui tenaient plutôt aux applications trop ambitieuses qui en avaient été faites, et aux spéculations de certains financiers, on résolut de modifier la législation et d'étendre aux chemins d'intérêt local le système de la garantie. En même temps, on en prévint l'application aux tramways, dont le régime n'avait pas encore été législativement fixé, ou tout au moins à ceux des tramways qui seraient affectés au transport des marchandises; la loi, en effet, ne permet pas à l'État de concourir à l'établissement de réseaux de tramways desservant simplement la circulation urbaine, et ces réseaux n'ont jamais bénéficié de la garantie.

C'est pour les subventions de l'État seulement que la loi du 11 juin 1880 rend obligatoire la forme d'une garantie d'intérêts annuelle, à l'exclusion de toute allocation d'un capital. Les départements et les communes restent maîtres de consentir les sacrifices qu'ils croient devoir faire, sous la forme qui leur conviendra le mieux; mais la loi exige que ces sacrifices soient au moins équivalents à ceux de l'État. En outre, les administrations locales peuvent seules se lier par une garantie absolue vis-à-vis des concessionnaires, et c'est au département ou à la commune que le Trésor verse la part de concours, toujours limitée, qui doit venir en allègement de leurs charges. C'est donc sur les budgets locaux que ces garanties d'intérêt exercent le plus d'influence. Cependant, comme l'État en supporte ordinairement la moitié, elles se rattachent, à ce titre, à notre étude générale des engagements du Trésor. D'ailleurs, même en ce qui regarde les budgets locaux, comme ce sont toujours les mêmes contribuables qui paient, l'étendue des charges assumées offre un intérêt général.

La loi du 11 juin 1880 édicte des prescriptions minuitieuses, pour éviter que la garantie d'intérêts donnée par l'État puisse jamais devenir matière à spéculation. L'ar-

ticle 13 limite le jeu de cette garantie par des maxima divers, dont l'un, entre autres, a pour objet d'empêcher qu'elle puisse, en aucun cas, porter à plus de 5 p. 100 le revenu du capital d'établissement. D'autre part, l'article 18 exige que la moitié de ce capital soit réalisée en actions, et le décret du 20 mars 1882 oblige à limiter les frais d'émission, dans l'acte même de concession. Dans ces conditions, les augmentations de dividende que peuvent donner les bénéfices réalisés sur le taux des emprunts en obligations n'atteindraient en aucun cas un chiffre élevé. D'un autre côté, il est peu probable que les dépenses réelles d'établissement dépassent les dépenses prévues dans une proportion suffisante pour imposer des emprunts nouveaux absorbant la totalité du revenu destiné aux actionnaires, puisque ce revenu est la moitié du revenu total. Les actions doivent donc constituer un placement comportant peu de risques, il est vrai, mais n'offrant pas des chances de bénéfices de nature à tenter les hommes d'affaires. D'autre part, ces titres n'ayant pas, au même degré que les obligations, la confiance du public, les compagnies d'intérêt local n'auraient guère pu se constituer, si la loi de 1880 eût été strictement appliquée, qu'au moyen des capitaux fournis par les principaux propriétaires ou industriels intéressés à l'établissement des chemins de fer projetés, ce qui n'aurait permis d'établir que des lignes réellement utiles, mais, il faut le dire, bien peu nombreuses.

Malheureusement la loi du 11 juin 1880, en posant des règles générales rigoureuses en matière de concessions de chemins de fer d'intérêt local, réservait au législateur le droit de déclarer l'utilité publique de ces chemins; dès lors, comme une loi spéciale peut toujours déroger à la loi générale, rien ne mettait obstacle à ce que des dérogations, ou tout au moins des interprétations extrêmement larges, vinssent transformer le caractère que l'on avait

voulu donner à ces entreprises. C'est en effet ce qui s'est produit presque immédiatement, comme nous allons le montrer.

a) *Sociétés des chemins de fer économiques et des chemins de fer départementaux.* — Une disposition spéciale de la loi autorisait la formation du capital d'établissement d'un chemin de fer d'intérêt local, uniquement au moyen d'émissions d'obligations, dans tous les cas où la compagnie concessionnaire posséderait des lignes *déjà en exploitation*, donnant un revenu suffisant pour assurer le service des coupons et l'amortissement. Cette disposition avait été insérée pour permettre aux compagnies ayant déjà un réseau solidement constitué, surtout aux grandes compagnies, de prendre des concessions de chemins de fer d'intérêt local, sans modifier la composition de leur capital. On imagina de l'appliquer, par des lois spéciales, au cas où les lignes *déjà en exploitation* seraient précisément celles qui donnaient lieu à l'émission, et où le revenu acquis gageant l'emprunt serait, non le produit des recettes, mais la garantie donnée par l'État et le département. Étendant ainsi à des compagnies nouvelles une disposition qui n'était nullement faite pour elles, on admit qu'une société pourrait, même pour sa première concession, réaliser par des émissions d'obligations une somme égale au capital d'établissement, pourvu que ces émissions ne fussent faites qu'après l'ouverture des lignes, et que le service des titres n'exigeât pas une annuité supérieure au revenu garanti.

Dès lors, rien n'empêchait, avec un capital social très modique, servant seulement de fonds de roulement, de construire un nombre indéfini de kilomètres, en reconstituant le capital, à l'ouverture de chaque section, par une émission d'obligations représentant le coût total de cette section. Comme le taux de vente des obligations,

surtout pour une compagnie à laquelle l'importance de ses affaires donne les moyens de se constituer une clientèle, permet d'assurer le service avec une annuité de $4 \frac{1}{4}$ ou $4 \frac{1}{2}$ p. 100, amortissement en quatre-vingt-dix-neuf ans compris, l'écart entre ce taux et le taux garanti constitue un bénéfice, minime il est vrai, mais qui, se reproduisant sur un grand nombre d'affaires, peut arriver à donner de très beaux dividendes.

Deux autres sources de bénéfices pouvaient encore se trouver dans les forfaits de construction et d'exploitation. La loi de 1880 limite la garantie à 5 p. 100 du capital d'établissement; mais on admit que le capital dont il était question pouvait être, au lieu du capital réellement dépensé, un capital forfaitaire; que, d'autre part, les insuffisances à combler pouvaient s'établir, non d'après les frais réels d'exploitation, mais d'après les frais calculés au moyen d'une formule. De la sorte, les économies réalisées sur les forfaits de construction et sur les formules d'exploitation pouvaient encore donner un gain sérieux pour chaque concession.

Dans ces conditions, couvrir la France de chemins de fer d'intérêt local devenait une excellente affaire, que ces chemins fussent bons ou mauvais au point de vue du trafic, pourvu que le taux de la garantie et le chiffre des forfaits fussent avantageux; les conseils généraux, toujours sollicités par les populations d'établir des réseaux locaux, allaient recevoir des offres constituant une tentation bien dangereuse pour les finances départementales. Dès la promulgation de la loi de 1880, une première compagnie, celle des *Chemins de fer Économiques*, avait été créée avec un capital de 25 millions par les six principales sociétés de crédit de Paris. Bientôt deux sociétés de banque belges, unies au Crédit Foncier, en créèrent une seconde, la Compagnie des *Chemins de fer départementaux*, au capital de 30 millions, et de nombreuses con-

cessions furent sollicitées et obtenues dans les conditions que nous venons d'indiquer.

Non seulement ces conditions étaient très contraires à l'esprit de la loi de 1880, par l'importance des bénéfices qu'elles permettaient de concentrer sur un capital-actions restreint, mais encore elles n'offraient pas, pour l'avenir, les garanties de solidité que le législateur avait sagement exigées. En effet, si les forfaits offrent des chances de gain, ils peuvent aussi donner des pertes; les émissions de titres peuvent devenir difficiles, les évaluations des frais de construction ou d'exploitation peuvent être dépassées. Avec un capital social représentant la moitié de la dépense effective d'établissement, de pareils mécomptes ne feraient que diminuer le dividende; avec un capital social minime, relativement à l'importance des affaires engagées, ils pourraient rendre la compagnie insolvable, et amener des ruines d'autant plus graves que tous les réseaux réunis dans les mêmes mains, du nord au midi de la France, sont ainsi devenus solidaires en cas de déconfiture. Sans suspecter la solidité des sociétés existantes, dont chacune a en mains quelques affaires très lucratives, l'administration a reconnu l'utilité de se rapprocher des principes, autant que le permettait une jurisprudence déjà bien engagée. Les dernières lois n'autorisent les émissions d'obligations que jusqu'à concurrence des quatre cinquièmes du capital d'établissement, exigeant ainsi qu'au moins une faible part du capital-actions soit immobilisée en travaux, et limitant, par suite, le chiffre des affaires que l'on pourra faire sans augmenter ce capital.

Les premières sections des réseaux concédés aux deux sociétés que nous venons d'indiquer, sont ouvertes depuis trop peu de temps pour qu'il soit possible d'apprécier les résultats probables de l'exploitation et, par suite, les charges probables des départements. Tout ce que l'on

peut dire, c'est que les premiers chiffres publiés sont bien peu encourageants et que, jusqu'ici, aucune des lignes n'a couvert ses frais d'exploitation. Les départements de la Gironde et d'Indre-et-Loire, qui ont ouvert la voie, se trouvent déjà aux prises avec des difficultés financières très sérieuses, conséquences de déficits dépassant toutes les prévisions. Pour l'État, il n'y a pas les mêmes éléments d'incertitude ; car la loi de 1880 oblige à inscrire, dans chaque acte de concession, un maximum que le montant des versements annuels du Trésor ne peut dépasser en aucun cas. Sans être pessimiste, on peut affirmer que ce maximum sera atteint presque partout, au moins pendant de longues années, et par suite, on peut chiffrer exactement le montant annuel des charges qui incomberont à l'État, dès que les réseaux aujourd'hui concédés seront en exploitation.

Le tableau ci-dessous fait connaître ce montant, pour les réseaux d'intérêt local concédés aux deux sociétés dont nous venons de parler. Il ne donne pas le chiffre total des affaires de ces compagnies ; car elles sont encore concessionnaires ou fermières de réseaux secondaires d'intérêt général, sur lesquels nous aurons à revenir plus loin (pages 357 et 360).

Nous avons, dans ce tableau, donné le capital forfaitaire total pour chaque réseau. Nous devons rappeler que le forfait est souvent fixé à une somme déterminée par kilomètre et que, dans ce cas, son montant définitif peut être légèrement modifié, si la longueur effective des lignes diffère de la longueur prévue à l'acte de concession.

Le taux de la garantie est toujours 5 p. 100.

DÉPARTEMENTS	ÉTENDUE du réseau	CAPITAL forfaitaire	FRAIS D'EXPLOITATION		MAXIMUM des charges de l'Etat	RÉSULTATS EN 1888	
			Barème	Minimum		Longueur moyenne exploitée	Recette brute par kilom.
	kilomètres	francs		francs	francs	kilomètres	francs
1^{re} Société des chemins de fer économiques.							
Gironde	267	21.419.000 ⁽¹⁾	2.300 + $\frac{R}{3}$	3.786	400.000	242	3.759
Landes (2)	9	605.430	2.300 + $\frac{R}{3}$	3.275	8.080		
Haute-Marne (3) .	21	2.365.733	2.300 + $\frac{R}{3}$	4.300	40.000		
Seine-et-Oise . .	22	2.000.830	2.000 + $\frac{R}{4}$	6.000	17.370		
Somme	298	18.720.000	2.000 + 0,3 R	3.600	300.000		
Cher	35	2.470.000	1.800 + $\frac{R}{4}$	3.200	49.000	9	1.537
Allier	178	12.708.000	1.800 + $\frac{R}{4}$	3.700	207.325	85	2.903
Totaux	830	60.288.933			1.021.775		
2^e Société des chemins de fer départementaux.							
Indre-et-Loire . .	199	11.140.000	$\left\{ \begin{array}{l} 2.000 + 0,3 R \\ 2.000 + \frac{R}{3} \end{array} \right\}$	"	294.000	104	1.251
Manche (4)	44	5.628.650	2.300 + $\frac{R}{3}$	4.500	100.000	44	2.620
Yonne	75	5.250.000	2.000 + $\frac{R}{3}$	"	70.000	75	2.410
Seine-et-Marne et Marne	98	5.880.000	2.000 + $\frac{R}{3}$	"	159.639	11	3.104
Charente	37	3.036.000	2.000 + $\frac{R}{3}$	"	55.500	"	"
Totaux	453	30.934.650			679.139		

(1) Le département et l'État ont usé, pour les exercices 1884, 1885 et 1886, de la faculté qu'ils s'étaient réservée, de faire ajouter au capital les sommes qui seraient dues du chef de la garantie. Une somme totale de 2.119.000 est ainsi venue s'ajouter au capital forfaitaire, qui était de 19.300.000.

(2) Ligne de Sore à Luxey, rétrocédée par d'anciens concessionnaires, qui avaient reçu du département une subvention en capital de 202.000 francs, au lieu d'une garantie d'intérêts. Cette ligne ne rentre donc pas dans le système général des concessions de la Compagnie. Celle-ci a, d'ailleurs, repris, en même temps, la ligne de Nizan à Sore (32 kilomètres), à laquelle aucune garantie n'est appliquée, mais dont les produits sont confondus avec ceux des lignes garanties pour déterminer le revenu moyen, et qui porte à 274 kilomètres le réseau exploité.

(3) Le département vient de s'entendre avec la compagnie pour lui rembourser le montant du capital forfaitaire, au lieu de continuer à lui en payer l'intérêt.

(4) Ligne rétrocédée par d'anciens concessionnaires, avec des subventions locales, en capitaux et en terrains, évaluées à 2.541.000 francs.

b) *Concessions faites par les départements avec des subventions en capital.* — Nous avons dit que la loi de 1880 n'avait imposé la forme de la garantie d'intérêts que pour le concours financier de l'État. Les départements peuvent accorder des subventions en capital, et le règlement d'administration publique du 20 mars 1882 a même posé les règles à suivre pour établir l'équivalence entre ces subventions et les versements annuels du Trésor; mais la lecture des documents préparatoires de la loi de 1880 montre que, dans les désirs du législateur, la forme de la garantie d'intérêts devait être adoptée de préférence par les administrations locales, comme par l'État.

Nous avons indiqué les inconvénients de l'emploi exclusif de cette forme. En faisant porter la garantie sur la totalité des dépenses d'établissement, c'est-à-dire sur un capital que les recettes ne pourront jamais rémunérer, on crée des entreprises condamnées à l'appel perpétuel à la garantie, vouées, par suite, au système des forfaits d'exploitation, et à toutes les déplorables combinaisons qui rendent les bénéfices du concessionnaire absolument indépendants du développement du trafic. Il est donc très désirable, à notre avis, qu'une forte partie des sommes nécessaires à l'exécution des travaux des lignes à faible trafic, soit franchement donnée à titre de subvention définitive par les départements. Mais encore faut-il, pour que la compagnie concessionnaire offre des garanties suffisantes, qu'elle ait elle-même engagé dans l'affaire un capital d'une certaine importance. C'est ce point de vue qui a été trop négligé dans certaines conventions récentes, ingénieusement conçues d'ailleurs à d'autres égards, que nous allons examiner avec quelque détail, en raison des nombreuses applications du même système qui sont à l'étude dans plusieurs départements.

On trouve le type de ces conventions dans les traités

que M. Faliès a passés avec le département de la Sarthe. D'après ces traités, la plate-forme des lignes est établie par les soins des ingénieurs du département, partout où les rails ne sont pas posés sur des voies publiques pré-existantes. La superstructure est établie, et le matériel roulant est fourni par le concessionnaire, au moyen d'une somme fixée à forfait qui lui est versée par le département. Ce dernier, ayant ainsi fourni la totalité du capital, doit, comme compensation, toutes les fois qu'il y aura un excédent de recettes, en recevoir une partie. On admet qu'il y a excédent, lorsque la recette est supérieure à 3.500 francs; il y a insuffisance, au contraire, lorsque la recette reste inférieure à 3.500 francs. Les excédents, quand il s'en produit, sont d'abord affectés à combler les insuffisances antérieures; ils sont ensuite partagés entre le département et le concessionnaire, dans la proportion de un quart pour le département et trois quarts pour le concessionnaire.

Au point de vue des rapports avec l'État, les sommes fournies par le département sont considérées, par application du décret du 20 mars 1882, comme équivalant à un versement annuel égal à 4 p. 100 du capital fourni. En vue du jeu de la garantie, on insère dans la convention une évaluation forfaitaire de ce capital, ainsi qu'une formule d'exploitation. La formule adoptée fixe la dépense à $2.500 + \frac{R}{4}$. Mais, en pratique, cette formule ne jouera aucun rôle dans le règlement des comptes, pour les faibles recettes, car elle donnerait une somme supérieure à la recette brute, si celle-ci n'atteignait pas 3.333 francs; or, d'une part, le concessionnaire ne touchera effectivement qu'une somme égale à cette recette, tant qu'elle n'atteindra pas 3.500 francs, et, d'autre part, en vertu de la loi de 1880, l'État ne doit jamais donner plus que le département; on ne peut donc admettre, dans le règlement de la garantie de l'État, pour les

dépenses d'exploitation, un chiffre forfaitaire qui excéderait les sommes effectivement laissées par le département à la disposition du concessionnaire pour couvrir ces dépenses.

Ce type de convention conduit ainsi à adopter des clauses assez compliquées, pour régler les rapports de l'État et du département conformément à la loi de 1880, alors que les relations du département avec le concessionnaire sont conçues dans un tout autre esprit ; cette complication ne permet que difficilement de se rendre bien compte des résultats probables ; elle est même de nature à donner souvent lieu à de réelles difficultés d'interprétation, la distinction entre les cas où devront être appliquées chacune des formules n'étant pas toujours parfaitement nette.

Le système de la subvention en capital, adopté dans la Sarthe, présente des avantages assez sérieux. D'abord, le département profite de l'écart entre le taux de son crédit et celui de la garantie qu'il aurait dû allouer, ou plutôt, il en fait profiter l'État. En effet, d'après le décret du 20 mars 1882, la conversion, en annuités, des subventions données en capital, se fait, comme nous l'avons vu, sur le pied de 4 p. 100. L'État, qui donne moitié, donne donc 2 p. 100, et le département, qui emprunte à 4 1/4 ou 4 1/2 p. 100 en général, garde à sa charge 2 1/4 ou 2 1/2 p. 100. Une garantie au taux de 5 p. 100, partagée par moitié, aurait imposé à l'État, comme au département, une charge de 2 1/2 p. 100. C'est donc l'État surtout qui réalise de ce chef une économie.

En second lieu, le mode de partage des recettes que nous avons analysé ci-dessus a l'avantage d'intéresser réellement le concessionnaire au développement du trafic. Pour les recettes dépassant 3.500 francs, ce sont les trois quarts des augmentations qui lui reviennent, au lieu du tiers ou du quart que donneraient les formules ordinaires.

Avec les recettes minimales, qu'il faut malheureusement prévoir, les insuffisances de l'exploitation ne lui sont pas garanties. Il est donc intéressé au premier chef à développer le trafic et les recettes, et c'est là un avantage très considérable.

Au premier abord, il semble que ces conventions aient encore l'avantage de permettre au département de se rendre un compte absolument exact des charges qu'il assume. Le département fournit, en effet, un capital déterminé ; si les recettes sont belles, il en reçoit une fraction, qui vient couvrir une partie de l'intérêt des emprunts qu'il a dû contracter ; mais, quelque faible que soit le trafic, les insuffisances de l'exploitation ne retombent pas à sa charge. Malheureusement, à cet égard, la sécurité est moins complète en réalité qu'en apparence, en raison du vice inhérent à ce régime, qui est l'absence d'un capital fourni par le concessionnaire.

Nous avons vu, en effet, que la part des travaux que le concessionnaire exécute lui est payée à forfait. Il peut facilement trouver, dans ce forfait, un bénéfice qui serve à constituer son cautionnement et son fonds de roulement. Il n'engage donc dans l'affaire aucun capital. Si plus tard les recettes effectives sont suffisantes pour que la part qui lui est attribuée permette d'entretenir et d'exploiter convenablement la ligne, tout en réalisant un léger gain, le système est excellent, car l'exploitant a tout intérêt à exploiter de son mieux. Mais si les recettes sont insuffisantes pour subvenir aux charges normales de l'exploitation, le concessionnaire peut marcher, les premières années, en négligeant l'entretien de la voie et du matériel acquis aux frais du département ; puis, quand le service deviendra impossible, il disparaîtra, n'ayant rien perdu dans une mauvaise affaire où il n'avait rien risqué, et laissant au département, avec un réseau en mauvais état, les charges d'une exploitation en déficit.

C'est là l'objection grave à laquelle donne lieu le système des conventions de la Sarthe. Cette objection se présente avec plus de force encore, quand on examine le régime des concessions de Maine-et-Loire et de Loir-et-Cher. Ce régime ne diffère, en effet, de celui de la Sarthe que sur un point : le concessionnaire exécute tous les travaux, infrastructure et superstructure, et le montant de ces travaux lui est payé à forfait par le département (*). Il a donc plus de facilité encore pour réaliser, sur les forfaits, un bénéfice qui le dispense de fournir aucun capital, et qui lui donne même un gain immédiat ; il peut, par suite, avoir intérêt à prendre la concession de lignes qu'il sait détestables, puisque tous les risques sont pour le département. Aussi est-ce surtout ce motif, l'absence d'un capital versé par le concessionnaire, qui a décidé le Conseil d'État à rejeter des combinaisons du même genre, récemment proposées dans la Vendée et la Loire-Inférieure.

Les mêmes critiques peuvent être formulées contre le système, légèrement différent, qui a reçu une application dans la Dordogne : le capital d'établissement des tramways de ce département est fixé, à forfait, à 60.000 francs, sur lesquels le département en fournit 45.000, le surplus restant à la charge du concessionnaire, qui exécute tous les travaux. Le département n'alloue aucune garantie ; la recette est attribuée intégralement au concessionnaire, tant qu'elle n'atteint pas 2.820 francs ; quand elle dépasse ce chiffre, l'excédent est partagé entre la compagnie et le département, d'abord par moitié, puis dans une proportion plus avantageuse pour le département, quand la recette dépasse 4.300 francs. En vue du jeu de la ga-

(*) La convention de Maine-et-Loire diffère, en outre, de celle de la Sarthe, en ce que la part des recettes brutes attribuée au département est la moitié des excédents sur le chiffre de 3.000 francs, au lieu d'être le quart des excédents sur 3.500 francs.

rantie de l'État, on a introduit la formule d'exploitation $D = 2.000' + \frac{R}{3}$, qui ne pourrait jouer, comme nous l'avons expliqué pour la Sarthe, que si elle donnait, pour la dépense, un chiffre inférieur à la somme attribuée au concessionnaire, par son traité avec le département, pour couvrir ses frais d'exploitation.

Il semble donc que le concessionnaire fournisse un capital de 15.000 francs par kilomètre, qui constitue un gage sérieux de bonne gestion. Mais alors, la convention paraît si avantageuse pour le département, qu'on en éprouve quelques inquiétudes. Pour les recettes inférieures à 2.820 francs, le concessionnaire se contente de la recette brute pour rémunérer son capital et couvrir ses frais. Pour les recettes supérieures, après le prélèvement de 750 francs représentant l'intérêt à 5 p. 100 de son capital, il ne lui resterait, pour faire face aux charges d'exploitation, qu'une somme de

$$2.820' + \frac{R - 2.820}{2} - 750' = 660' + \frac{R}{2},$$

chiffre qui semble bien faible, si la recette n'est pas très élevée. Et alors, on est amené à se demander si la combinaison ne serait pas fondée sur l'espérance de réaliser, sur le forfait, une économie égale, ou même supérieure, à la part de la dépense d'établissement laissée à la charge du concessionnaire. Créer le réseau avec les 45.000 francs que donne le département n'est peut-être pas impossible, puisque des réseaux analogues ont été établis pour 46.000 francs dans Loir-et-Cher, et pour 36.000 francs dans Maine-et-Loire.

Si les choses se passaient ainsi, la combinaison de la Dordogne ne différerait de celle de la Sarthe que par l'inscription, dans la convention, d'un chiffre fictif pour la part des dépenses à la charge du concessionnaire, inscription qui n'ajouterait rien aux garanties données au département. Si, au contraire, la dépense atteint réel-

lement le chiffre prévu, on a de grands doutes sur la réalisation de recettes permettant à la compagnie de se tirer d'affaire. C'est pour ces motifs qu'une combinaison identique à celle de la Dordogne, proposée pour l'établissement de tramways dans la Drôme, a été repoussée, en 1888, par le Conseil d'État.

Le tableau suivant fait connaître les concessions accordées avec des subventions fournies en capital par les localités et une garantie d'intérêts de l'État. Nous rappelons qu'il y aurait à ajouter à cette liste les lignes de la Manche et des Landes, portées au tableau inséré p. 335.

DÉPARTEMENTS	ÉTENDUE du réseau	CAPITAL forfaitaire	SUBVEN- TIONS locales	MAXIMUM de charges annuelles de l'Etat	RÉSULTATS EN 1888	
	kilomètres	francs	francs	francs	Longueur moyenne exploitée	Recette brute par kilom.
1^{er} Chemins de fer d'intérêt local.						
Vosges	9	1.028.000	352.000	27.000	9	11.911
Nord et Aisne . .	75	6.385.153	474.000	26.430	22	2.225
Rhône	32	6.000.000	2.000.000	70.000	32	7.195
Indre-et-Loire (1).	16	1.400.000	1.400.000	40.000	16	3.002
Sarthe	47	2.724.000 (2)	2.724.000	51.480	14	2.623
Maine-et-Loire . .	60	2.194.220	2.194.000	43.881	"	"
Totaux	239	19.731.373	9.144.000	261.794		
2^e Tramways.						
Nord et Aisne . .	35	2.687.000 (3)	409.000	17.500	35	5.160
Sarthe	18 (4)	776.600 (3)	776.600	15.532	18	1.908
Loir-et-Cher . . .	111	4.440.000	4.440.000	88.800	"	"
Dordogne	119	7.153.500	5.365.000	107.302	"	"
Totaux	283	15.057.100	10.940.600	229.131		

(1) Ligne de Ligré-Rivière à Richelieu, construite par le département et exploitée, à son compte, par l'administration des chemins de fer de l'État.

(2) Ce chiffre est un maximum; il n'y a de forfait que pour la superstructure, le département exécutant directement la plate-forme de la voie.

(3) Estimation de la dépense, qui n'est pas fixée à forfait.

(4) Le département de la Sarthe avait concédé, en 1886, en outre des 18 kilomètres aujourd'hui en exploitation, deux petites lignes qui ne sont pas commencées et qui paraissent abandonnées.

c) *Autres concessions.* — En dehors des diverses combinaisons que nous venons d'exposer, quelques garanties d'intérêts ont été allouées dans des conditions plus conformes aux indications de la loi de 1880. Le tableau ci-après montre l'importance des engagements ainsi contractés. Les concessions qui y figurent ne comportent pas de subventions en capital. Elles ne supposent, non plus, aucune dérogation aux dispositions législatives, en ce qui concerne la formation du capital, sauf dans un seul cas, celui de la ligne de Dompierre à La Palisse (Allier); cette ligne est un chemin de fer industriel, que l'on transforme en chemin de fer d'intérêt local, avec une garantie de minimum de trafic donnée par la Société des mines de Bert à laquelle il appartenait; cette situation particulière a motivé une diminution de l'importance relative du capital-actions. Comme l'indique la note ⁽¹⁾ du tableau, pour plusieurs concessions, le système du maximum a été substitué à celui du forfait; dans toutes les affaires présentées récemment, en effet, sauf dans celles qui n'étaient que la suite d'affaires déjà engagées, ou la transformation de concessions antérieures, le Conseil d'État a refusé d'accepter les conventions comportant un forfait de construction, et a même cherché à faire disparaître les forfaits d'exploitation.

Les réseaux mentionnés dans ce tableau jouissent tous de la garantie au taux de 5 p. 100, sauf celui du Var, pour lequel le taux se réduirait à 4 1/2, si la charge annuelle du département devait dépasser 100.000 francs, et celui de l'Oise, dont nous indiquons plus loin les caractères particuliers.

DÉPARTEMENTS	ÉTENDUE du réseau	CAPITAL forfaitaire	FRAIS D'EXPLOITATION		MAXIMUM des charges annuelles de l'Etat	RÉSULTATS EN 1888	
	kilomètres		Barème	Minimum		Longueur exploitée	Recette brute par kilom.
		francs		francs	francs	kilomètres	francs
1° Chemins de fer d'intérêt local.							
Bouch.-du-Rhône.	134	14.250.000	$2.300 + \frac{R}{3}$	4.300	242.450	85	2.316
	68	3.400.000 ⁽¹⁾	$2.000 + \frac{R}{3}$ ⁽¹⁾	"	40.000	"	"
Meuse	56	4.648.000	$1.800 + \frac{R}{3}$	"	95.000	56	1.054
Var.	80	10.080.000	$2.000 + 0,4 R$	4.300	80.000	"	"
Puy-de-Dôme. . .	38	3.374.400	$2.000 + \frac{R}{3}$	3.666	57.000	"	"
Oise	43	3.010.000	$2.000 + \frac{R}{3}$	"	50.000	"	"
Pas-de-Calais ⁽²⁾ .	88	6.160.000 ⁽¹⁾	$2.000 + \frac{R}{3}$	"	109.187	"	"
Allier.	42	2.550.000	$1.800 + \frac{R}{3}$	2.800	63.750	"	"
Totaux.	549	47.472.000			737.387		
2° Tramways.							
Loire-Inférieure..	15	800.000	$2.000 + \frac{R}{3}$	"	20.000	"	"
Côte-d'Or	153	7.489.350 ⁽¹⁾	$2.000 + \frac{R}{3}$ ⁽¹⁾	"	187.233	"	"
Haute-Savoie . . .	64	2.560.000	$2.350 + \frac{R}{3}$	"	64.000	"	"
Isère	70	3.430.000 ⁽¹⁾	$1.300 + \frac{R}{2}$	"	61.250	"	"
Totaux.	302	14.279.350			332.483		
<p>(¹) Maximum de la dépense, qui n'est pas fixée à forfait. (²) Projet de loi voté par la Chambre et soumis au Sénat.</p>							

Nous devons appeler ici l'attention sur une clause particulière, qui figure dans les actes de concession des tramways de la Côte-d'Or et de l'Isère, et dont le sens et la légalité ont donné lieu, dans ces derniers temps, à d'assez vives discussions. Cette clause autorise le concession-

naire à porter en compte les dépenses réelles faites par lui pour l'établissement de la ligne, majorées de 10 p. 100 à titre de bénéfices. Elle a été introduite dans la convention de la Côte-d'Or, dans les conditions suivantes : le département avait ouvert une sorte d'adjudication, portant sur le montant du chiffre maximum de la dépense ; au moment de l'adjudication, un des concurrents, qui était un entrepreneur de travaux publics ayant l'intention d'exécuter lui-même les travaux, a fait un rabais de 11 p. 100 sur le chiffre de la mise à prix pour le maximum, chiffre qui résultait des évaluations des ingénieurs ; mais il a fait observer qu'il entendait être autorisé à porter en compte, dans les limites du maximum ainsi réduit, les 10 p. 100 que l'on fait entrer, à titre de rémunération de l'entreprise, dans tous les devis de travaux publics. Les représentants du département ont accepté cette interprétation, condition d'une soumission avantageuse, et le Conseil d'État l'a admise, en faisant remarquer qu'elle ne constituerait pas un précédent de nature à être invoqué dans des circonstances différentes. La concession de la Côte-d'Or a depuis changé de mains ; mais lors de la rétrocession à une société anonyme, il a été formellement entendu que les travaux seraient exécutés et les comptes dressés, dans les mêmes conditions que si le concessionnaire était son propre entrepreneur. Le Conseil d'État a également admis la majoration de 10 p. 100 pour les tramways de l'Isère, dans une convention stipulant expressément que cette majoration ne serait pas applicable à tous les travaux pour lesquels le concessionnaire, au lieu d'être son propre entrepreneur, sous-traiterait avec des tâcherons ou entrepreneurs particuliers. Le Conseil a, au contraire, rejeté la clause de majoration dans des espèces (Drôme) où le demandeur en concession ne devait pas être, en même temps, l'entrepreneur des travaux. Cette clause serait, en effet, contraire à la loi du 11 juin 1880, si elle

permettait de majorer des prix comprenant déjà le bénéfice d'entreprise, puisque l'État se trouverait participer à une garantie donnant 5 p. 100 à un capital supérieur à la dépense vérifiée et établie conformément aux usages, autrement dit, donnant plus de 5 p. 100 au capital d'établissement, ce qui est contraire au texte de l'article 13.

Il était difficile de ne pas autoriser les concessionnaires, qui sont en même temps entrepreneurs, à porter en compte le bénéfice que tout autre entrepreneur réaliserait sur les travaux. A vrai dire, ce bénéfice est le seul élément de profit qui puisse attirer des demandeurs en concession, pour des lignes dont la recette nette ne dépassera sans doute jamais le revenu garanti. Mais on ne peut s'empêcher d'être frappé des dangers que présenterait, si le maximum de dépense avait été fixé largement, une clause qui intéresserait le concessionnaire à augmenter le plus possible la dépense, au grand détriment des finances départementales.

Nous devons signaler également, comme clause exceptionnelle et ne devant pas être reproduite dans d'autres espèces, une disposition qui a été admise, non sans difficultés, pour les chemins de fer d'intérêt local du Var. Le Conseil général du département a été autorisé à ajouter au compte d'établissement, pendant dix ans, les insuffisances de l'exploitation, aussi bien que les charges d'intérêt et d'amortissement des sommes déjà dépensées; en sorte que le capital garanti par le département grossira, pendant tout ce temps, suivant la loi des intérêts composés, et pourra s'élever jusqu'au maximum de 144.500 francs par kilomètre, alors que les travaux sont évalués à 126.000 francs seulement. Cette disposition, si elle se généralisait, favoriserait singulièrement les entreprises imprudentes et les calculs aventureux, car elle permettrait aux départements de se doter de réseaux étendus, tout en renvoyant les charges correspondantes

à un avenir assez éloigné pour ne préoccuper que médiocrement les conseils généraux peu prévoyants. Elle n'a donc été acceptée qu'en raison du caractère tout particulier de la ligne projetée : cette ligne doit desservir un littoral identique à celui de la région de Nice et de Cannes, où les stations d'hiver se développent si rapidement, dès que les moyens de communication le permettent. Bien que les éléments de trafic immédiat soient assez faibles, elle doit, suivant toute probabilité, donner d'assez belles recettes au bout de peu d'années. C'est ce qui explique comment la loi a autorisé le département à renvoyer à quelques années le commencement du jeu normal de la garantie, et l'inscription des charges au budget annuel. La combinaison adoptée est identique à celle du *compte d'exploitation partielle*, appliquée aux lignes récemment concédées aux grandes compagnies de chemins de fer. Pour ces dernières, on a pensé que, à l'époque où les charges de ce compte viendraient s'ajouter à la garantie, les plus-values de recettes des anciennes lignes permettraient d'y faire face. Pour la ligne d'Hyères à Fréjus, on a compté, de même, sur le développement futur des stations hivernales. Mais ce sont là des calculs hasardeux, dont une application trop fréquente conduirait à des mécomptes singulièrement dangereux.

Les tramways de la Côte-d'Or et la ligne d'Hyères à Fréjus ont été rétrocédés à la Compagnie des chemins de fer du Sud de la France, dont nous aurons à parler plus loin.

La concession du chemin d'Estrées-Saint-Denis à Froissy, dans l'Oise, faite à M. Alfred Lambert (*), mérite d'être signalée comme un exemple de combinaisons per-

(*) Loi du 29 juillet 1889, qu'il ne faut pas confondre avec la loi du 4 août 1883, par laquelle la même ligne avait été concédée une première fois à une société tombée depuis en déconfiture.

mettant de profiter d'un crédit meilleur que celui des compagnies secondaires. Le capital forfaitaire est fixé à 70.000 francs par kilomètre, sur lesquels 50.000 seront prêtés par la Compagnie du Nord, et le surplus sera fourni par le capital-actions. La garantie d'intérêts est accordée au taux de 4,2 p. 100 pour la somme avancée par le Nord, et de 5 p. 100 pour les 20.000 francs restant. Mais les versements annuels du département sont limités à un maximum de 1.500 francs par kilomètre, et ceux de l'État à 1.163 francs, de sorte que, pour toutes les recettes inférieures à 3.654 francs, ils seront constants. Si la recette ne dépasse pas 2.437 francs, la garantie ne permettra que de couvrir les frais d'exploitation, et d'assurer le service du prêt fait par le Nord ; c'est seulement pour les recettes supérieures, que le capital-actions recevra un dividende.

Cette combinaison intéresse sérieusement le concessionnaire à ne prendre l'affaire que si les perspectives de recettes sont suffisantes, et à faire tous ses efforts pour développer le trafic, au moins jusqu'au chiffre au-dessous duquel les insuffisances restent à sa charge ; elle est donc bonne, à une condition toutefois, c'est que le capital forfaitaire ne sera pas supérieur à la dépense probable. Si, en effet, l'écart était considérable, il pourrait arriver que les travaux fussent entièrement exécutés au moyen des avances de la Compagnie du Nord, et l'on retomberait dans tous les dangers des concessions où le capital-actions est fictif. On peut, sans doute, compter sur la vigilance des grandes compagnies, pour ne faire des avances de ce genre qu'avec une quasi certitude de remboursement. Cependant, si le trafic déjouait les prévisions, avec une garantie limitée, il se pourrait que leur créance restât en souffrance. Les conséquences de ce fait retomberaient en partie sur le Trésor, par le jeu des conventions relatives à la garantie d'intérêt ou au partage des bénéfices ; par

suite, la loi qui interdit à l'État de faire, même indirectement, pour les chemins d'intérêt local, des sacrifices auxquels ne répondraient pas des sacrifices équivalents des localités, serait violée. On ne doit donc admettre qu'avec une certaine réserve ce système d'avances par les grandes compagnies.

Dans la convention du Pas-de-Calais, le concessionnaire doit également recevoir des avances de la Compagnie du Nord; mais il est formellement stipulé qu'il n'y pourra recourir qu'après emploi de son capital-actions, et dans la mesure nécessaire pour couvrir les dépenses réelles. Le département a profité du bénéfice réalisé sur le taux des emprunts, non pour abaisser le taux de sa garantie, mais pour en limiter la durée à 30 années. La combinaison, dans son ensemble, paraît satisfaisante.

d) *Résumé.* — Nous nous sommes étendu assez longuement sur les avantages et les inconvénients des diverses conventions en vigueur pour les réseaux d'intérêt local, parce qu'il n'est pas de session où plusieurs Conseils généraux ne soient saisis de propositions calquées sur l'un ou l'autre de ces types, et qu'il est, par suite, très intéressant d'en connaître la portée et les conséquences.

L'étude de ces diverses combinaisons montre que toutes celles qui sont basées sur des forfaits tournent, par quelque côté, les dispositions de la loi du 11 juin 1880, de manière à laisser au concessionnaire un moyen de tirer de l'entreprise un bénéfice, en dehors des recettes de l'exploitation. C'est pour cela que depuis quelque temps, le Conseil d'État et l'Administration n'ont admis que dans des cas exceptionnels les concessions comportant un forfait de construction, et se sont efforcés de revenir à des combinaisons plus conformes aux intentions du législateur.

L'interdiction des forfaits restreindra certainement le nombre des demandes en concession de lignes par trop mauvaises. Cependant la faculté de s'attribuer les bénéfices d'entreprise, en exécutant eux-mêmes les travaux, laisse aux concessionnaires un moyen de réaliser sur la construction un gain immédiat, indépendant de la valeur commerciale des lignes. Si l'on veut arriver à faire disparaître ces combinaisons, qui seront fécondes en difficultés dans l'application, à faire disparaître également les clauses forfaitaires, en ce qui concerne l'exploitation, la condition nécessaire pour que les lignes, même susceptibles de donner un certain produit net, trouvent des concessionnaires, c'est, comme nous l'avons déjà dit, que l'appât du gain sur la construction et sur le forfait d'exploitation soit remplacé par la chance de trouver quelque bénéfice dans ce produit net. Il faut, pour cela, réduire, dans la mesure nécessaire, par des subventions représentant une forte part du capital, la partie de ce capital qui est fournie par le concessionnaire et qui doit être rémunérée sur les recettes de la ligne, avant que ces recettes constituent un bénéfice réel. La loi de 1880 ne met pas obstacle aux combinaisons de cette nature; car ses auteurs, tout en manifestant le désir de voir les localités renoncer à l'allocation des subventions en capital, n'ont rendu la forme de la garantie d'intérêts obligatoire que pour les subventions de l'État. Il est donc possible à un département d'allouer à son concessionnaire, pour l'établissement des lignes d'intérêt local, des subventions en capital, tout en restant, dans ses rapports avec l'État, sous le régime de la garantie d'intérêts. C'est, en somme, ce qui a été fait dans la Sarthe, et ce régime n'est pas mauvais, à une condition : c'est que la subvention ne représente pas la totalité du capital d'établissement et que, si elle en représente la majeure partie, elle soit fournie en travaux, et non en argent, de façon qu'on soit certain que

la ligne n'est pas construite exclusivement avec les fonds du département. On peut alors ne donner une garantie au concessionnaire que sur des sommes assez faibles pour que l'appel à la garantie ne soit pas perpétuel. Il n'est même pas impossible de trouver un concessionnaire qui ne demande pas de garantie; et c'est, de beaucoup, la meilleure combinaison, car en ce cas, on est sûr que, s'il prend l'affaire à ses risques et périls, en y engageant un certain capital, c'est qu'il compte sur un trafic réel.

Mais il faut, dans ce système, que la convention laisse au concessionnaire la totalité ou la majeure partie des produits nets de la ligne, sans quoi il n'aurait plus aucun motif de prendre une affaire qui n'offrirait aucune possibilité de bénéfices. On est alors amené à se demander comment une pareille disposition pourra se concilier avec la disposition de la loi du 11 juin 1880, qui défend que la subvention de l'État attribue plus de 5 p. 100 au capital d'établissement. Précisons par un exemple :

Supposons une ligne ayant coûté 50.000 francs par kilomètre, pour laquelle le département aurait exécuté les travaux jusqu'à concurrence de 40.000 francs, en laissant le concessionnaire fournir le surplus et exploiter à ses risques et périls. L'État donnera au département une annuité de 800 francs, représentant la moitié de l'intérêt de ses avances, à 4 p. 100. Tant que le concessionnaire ne tirera pas de l'exploitation une recette nette supérieure à 500 francs, soit 5 p. 100 sur les 10.000 francs fournis par lui, aucune difficulté ne se présentera. Mais supposons que la recette nette dépasse ce chiffre; la loi donne-t-elle les moyens de laisser au concessionnaire tout ou partie de l'excédent? Nous allons examiner les diverses interprétations qu'elle peut recevoir à cet égard.

La première et la plus rigoureuse consisterait à dire que l'État ne peut payer aucune subvention, s'il est at-

tribué plus de 5 p. 100 aux 10.000 francs fournis par le concessionnaire. Dans ce cas, celui-ci n'aurait aucune chance de gain, tant que les bénéfices nets ne permettraient pas de renoncer au concours de l'État. Si une pareille interprétation s'imposait, il ne resterait qu'à modifier la loi organique, car elle serait incompatible avec toute convention rationnelle.

Une seconde solution consisterait à admettre que, l'excédent des recettes nettes sur la somme de 500 francs devant venir en déduction des subventions de l'État et du département, chacun a le droit de disposer librement de la moitié qui lui appartient. Le département pourrait alors abandonner sa part au concessionnaire, qui serait ainsi intéressé au développement du trafic. Si, à cet effet, le traité de concession portait que les bénéfices nets excédant 5 p. 100 des dépenses réellement faites par la compagnie seraient partagés par moitié entre elle et le département, celui-ci, quand les recettes augmenteraient, recevrait d'un côté de son concessionnaire une somme égale à celle dont la subvention de l'État décroîtrait de l'autre. Dans l'exemple que nous avons pris, la subvention de 40.000 francs en travaux équivaut, d'après le décret du 20 mars 1882, à une annuité de 1.600 francs dont l'État paye la moitié, et dont le département garde à sa charge l'autre moitié. Si la recette nette atteint 900 francs par kilomètre, elle dépasse d'une somme de 400 francs, l'intérêt à 5 p. 100 des 10.000 francs fournis par le concessionnaire. Cette somme de 400 francs devrait diminuer les charges du département et de l'État de 200 francs pour chacun; mais alors le concessionnaire n'aurait aucun intérêt à réaliser ce boni. Si, au contraire, le département, renonçant à profiter de la part des plus-values qui viendrait en déduction de ses charges, s'est borné à insérer dans la convention une clause d'après laquelle il lui sera fait remise de la fraction des béné-

fices qui donnera lieu à une diminution de la subvention de l'État, il touchera 200 francs du concessionnaire et 600 francs de l'État, au lieu d'en recevoir 800 de l'État, en sorte que sa situation ne changera pas, tandis que l'exploitant réalisera un gain de 200 francs. Ce système nous paraît constituer une interprétation admissible de la loi, et permet de laisser au concessionnaire des chances de bénéfices très appréciables, si les lignes ne sont pas trop mauvaises.

Comme troisième interprétation, on pourrait soutenir que le capital d'établissement, auquel il est interdit d'attribuer plus de 5 p. 100, est le capital total d'établissement, qu'il ait été fourni par le département ou par le concessionnaire. En ce cas, la subvention de l'État ne devrait décroître que quand le bénéfice net, ajouté à cette subvention et à celle du département, convertie en annuités au taux prévu par le décret de 1882, représenterait plus de 5 p. 100 du coût des travaux. Dans notre exemple, cet intérêt de 5 p. 100, sur 50.000 francs, atteindrait 2.500 francs. Les subventions ne représentent que 1.600 francs par an. C'est donc seulement quand la recette nette dépasserait 900 francs, que le surplus devrait nécessairement venir pour moitié en déduction du concours de l'État, l'autre moitié appartenant au département qui serait libre de la laisser à son concessionnaire. Cette interprétation donnerait plus de facilité, pour trouver des concessionnaires prenant, à leurs risques et périls, l'exploitation des lignes dont les recettes nettes ne pourraient, en aucun cas, atteindre un chiffre élevé; mais on peut dire qu'elle serait en désaccord avec le décret du 20 mars 1882; car en respectant la disposition relative au taux de 4 p. 100 dans la détermination du maximum de la subvention de l'État, elle reviendrait au taux de 5 p. 100 pour la fixation de la loi de décroissance de cette subvention.

La jurisprudence n'a pas eu encore à examiner ces questions. Il nous paraît, en tous cas, indispensable que, soit par voie d'interprétation, soit par voie de modification de la loi, on laisse aux concessionnaires des chemins d'intérêt local la possibilité de trouver un gain, ailleurs que dans les forfaits ou les bénéfices d'entreprise, si on veut appliquer cette loi dans des conditions rationnelles. D'un côté, l'expérience a montré combien est chimérique l'espoir de voir les produits du trafic des réseaux d'intérêt local couvrir la majeure partie des charges du capital, de telle sorte que la garantie, appliquée à la totalité de ce capital, ne constitue qu'un appoint appelé à disparaître promptement. D'un autre côté, nous croyons avoir mis en évidence les déplorables résultats des conventions basées sur l'idée d'une garantie rendant immuable, à perpétuité, le revenu des concessionnaires. Il faut donc trouver les moyens d'intéresser les compagnies au développement du trafic, même pendant que l'État paie ses subventions annuelles, et nous n'en voyons pas d'autres que ceux que nous avons indiqués ; à moins que l'on ne renonce à faire des lignes d'intérêt local, ce qui serait la conséquence naturelle d'une application rigoureuse de la loi de 1880, mais ce qui ne nous paraît être dans l'esprit ni des pouvoirs publics, ni des pouvoirs locaux.

Au point de vue des finances de l'État, nous voyons que les engagements déjà pris par lui, pour les chemins de fer d'intérêt local et les tramways, répondent à une charge annuelle dépassant 3 millions, même après déduction des quelques garanties qui, par exception, ne fonctionneront pas ou presque pas, par suite du chiffre élevé des recettes (Vosges et Rhône dans le tableau de la page 342). C'est là une dépense déjà importante, et qui va constamment en s'augmentant. Chaque année, la loi du budget fixe un chiffre que ne doit pas dépasser le total des maxima inscrits, pour les sacrifices annuels de

l'État, dans les actes de concessions promulgués pendant l'année suivante. Ce chiffre était :

En 1886, de 1.000.000 ^{fr}	pour les ch. d'intér. local, et	200.000 ^{fr}	pour les tramways
En 1887, de 1.000.000	—	—	350 000
En 1888, de 800.000	—	—	500.000
Pour 1889, il est de 800.000	—	—	600.000

C'est donc, en moyenne, une annuité de un million à un million et demi, à servir pendant une très longue période, que l'on peut ajouter chaque année aux engagements du Trésor. Mais, d'autre part, toute subvention de l'État correspond à une subvention au moins égale des départements ou des communes et, dans le cas trop fréquent de mécomptes sur les recettes, les charges locales deviennent très supérieures aux charges du Trésor, puisque la garantie donnée par l'autorité concédante est le plus souvent indéfinie, tandis que la part de l'État est toujours limitée à un maximum calculé d'après les prévisions du trafic. C'est ainsi que, dans la Gironde, bien que la totalité du réseau ne soit pas encore ouverte, le département a déjà à supporter, pour chacun des exercices 1887 et 1888, près de 500.000 francs d'insuffisances, tandis que la concours de l'État est limité à 400.000 francs. Pour les lignes qui ont été exploitées pendant toute l'année 1888, les charges départementales relatives à cet exercice atteignent : dans Indre-et-Loire (*), 210.000 fr. ; dans l'Yonne, 220.000 fr. ; dans la Meuse, 140.000 fr. ; dans les Bouches-du-Rhône (*), 453.000 fr. ; dans la Haute-Marne, 105.000 fr. ; alors que le maximum des charges de l'État relatives à ces mêmes lignes est fixé : dans Indre-et-Loire, à 131.000 fr. ; dans l'Yonne, à 70.000 fr. ; dans la Meuse, à 95.000 fr. ; dans les Bouches-du-Rhône, à 170.000 fr. ; dans la Haute-Marne, à 40.000 fr. On se rend compte de

(*) Il existe, dans Indre-et-Loire et dans les Bouches-du-Rhône, d'autres lignes, concédées ultérieurement, qui ne sont pas encore ouvertes.

l'importance des mécomptes, si l'on songe que, dans la plupart des cas, le maximum de la subvention de l'État a été calculé de manière à être égal au montant probable des sacrifices que la garantie devait imposer au département, d'après les prévisions de recettes.

Chaque garantie donnée par l'État, s'ajoutant ainsi à des subventions locales au moins égales, et souvent doubles, implique pour les contribuables une charge totale double ou triple de celle qui correspondrait au maximum des sacrifices du Trésor. Ces charges iront s'ajoutant les unes aux autres, pendant un grand nombre d'années ; car, nous l'avons dit, les résultats donnés jusqu'ici par l'exploitation des lignes d'intérêt local montrent que, en dehors de cas exceptionnels, l'espoir d'un développement notable du trafic serait chimérique. Il appartient aux Chambres et aux assemblées locales d'apprécier si de pareils sacrifices sont, dans la situation financière actuelle, en rapport avec les services rendus. Tout ce que nous voulons montrer ici, c'est combien il importe de ne pas adopter des systèmes de conventions qui, en encourageant, d'une part, les demandes en concession de très mauvaises lignes, en intéressant, d'autre part, les concessionnaires à ne pas développer le trafic, accroitraient ces sacrifices, tout en les rendant stériles.

Garantie d'intérêts pour les réseaux secondaires d'intérêt général, en France. — Lorsque les conventions de 1883 eurent concédé aux grandes compagnies la plupart des lignes comprises dans le programme de M. de Freycinet, il restait, en dehors de la région desservie par le réseau de l'État, 3.000 kilomètres environ de chemins de fer classés dans le réseau d'intérêt général, et dont l'exécution n'était pas assurée. Pour donner satisfaction aux populations, qui étaient fondées, dans une certaine mesure, à compter sur la con-

struction de ces lignes, on mit à l'étude la constitution d'un certain nombre de réseaux secondaires. Ces réseaux ne pouvaient naturellement trouver de concessionnaires qu'avec une garantie d'intérêts, et il était difficile d'en faire l'objet de conventions bien avantageuses, car les lignes laissées en souffrance étaient généralement des lignes à la fois trop chères pour être exécutées à titre de chemins de fer d'intérêt local, et trop mauvaises, au point de vue du trafic, pour que les grandes compagnies les aient acceptées.

Nous devons toutefois excepter les lignes de Château-meillant à La Guerche, et de Sancoins à Lapeyrouse, qu'une loi du 11 septembre 1885 a concédées à la *Société des Chemins de fer économiques*, dans le département de l'Allier. La compagnie d'Orléans eût volontiers accepté ces lignes, qui présentent des éléments de trafic appréciables. On a donné la préférence à la Société des Chemins de fer économiques, à qui elles étaient nécessaires pour rendre exploitables, en les reliant entre eux, les petits tronçons composant son réseau d'intérêt local de l'Allier. Pour une longueur de 166 kilomètres, le capital à dépenser a été évalué à 19 millions. La garantie, au taux de 5 p. 100, s'applique à la dépense réelle, augmentée de la moitié de l'écart entre cette dépense et le chiffre de 19 millions, si ce chiffre n'est pas atteint. Les économies réalisées, par rapport à l'évaluation des travaux, profiteront donc pour moitié à l'État. Le capital garanti, limité à 19 millions pour les dépenses d'établissement, pourra ultérieurement être augmenté de 2 millions pour travaux complémentaires. Les dépenses d'exploitation se calculeront d'après la formule $2.300 + \frac{R}{3}$, sans pouvoir descendre au-dessous de 3.700 francs, ni de 55 p. 100 de la recette brute. Les éléments de trafic paraissent suffisants pour que l'appel à la garantie puisse cesser au bout de quelques

années, car la recette était évaluée à 13.500 francs pour l'une des lignes, et à 5.500 francs ou 10.500, suivant les sections, pour l'autre. Il est certain, cependant, que l'État devra verser, au début, plusieurs centaines de mille francs pour couvrir les insuffisances de ces lignes, et il est fort à craindre que le système forfaitaire, appliqué aux dépenses d'exploitation, ne mette obstacle au développement du trafic, qui consisterait surtout en matières pondéreuses exigeant des tarifs réduits.

Le second réseau secondaire d'intérêt général, à voie étroite, a été concédé, en 1885, à une compagnie nouvelle, la *Société des Chemins de fer du Sud de la France*, dont le capital, fixé d'abord à 10 millions, a été porté à 20 millions depuis qu'elle a repris, dans le Var et la Côte-d'Or, les concessions dont nous avons déjà parlé. Les concessions de 1885 comprenaient, à titre ferme, 159 kilomètres et, à titre éventuel, 257 kilomètres de chemins de fer, dans le Var, les Basses-Alpes et les Alpes-Maritimes. Le capital maximum de premier établissement, pour les lignes concédées à titre ferme, avait été fixé, après appel à la concurrence, à 27.400.000 francs; pour les lignes concédées à titre éventuel, il devait être arrêté par le Conseil général des Ponts et Chaussées; les économies réalisées par rapport au maximum devaient venir, jusqu'à concurrence de moitié, en déduction du capital garanti, comme pour la concession mentionnée ci-dessus. La garantie était étendue aux dépenses faites pour les travaux complémentaires, jusqu'à concurrence de 2 millions; le taux de la garantie était de 5 p. 100.

Par suite de modifications apportées au projet primitif dans un intérêt stratégique, la dépense prévue, pour les premières lignes, a été non seulement atteinte, mais dépassée, et une loi récente vient d'augmenter le maximum garanti de 2.532.875 francs. Une seconde loi, ins-

pirée également par des raisons stratégiques, a rendu définitives, pour 189 kilomètres, les concessions éventuelles de 1885; cette loi fixe à 48.247.000 fr. le maximum du capital d'établissement pour 143 kilomètres; pour les 46 kilomètres formant le surplus, le Conseil général des Ponts et Chaussées n'a pas encore arrêté le maximum, mais la dépense est évaluée à 17 millions. Le crédit pour travaux complémentaires est augmenté de 3.700.000 francs.

Ainsi le capital garanti, non compris les travaux complémentaires, se trouve augmenté de 68 millions, ou plutôt de 65 millions, en déduisant les subventions locales et les dépenses faites par l'État pour la construction, à Manda, d'un pont qui doit être incorporé dans les nouvelles lignes. D'après la convention de 1885, le capital devait être réalisé, un tiers en actions, et deux tiers en obligations; dans la convention de 1889, la compagnie a consenti à réduire le taux garanti, pour le nouveau capital, à 4,65 p. 100, à condition que la totalité de ce capital soit réalisée en obligations. Ainsi la compagnie, en réunissant à son réseau d'intérêt général le réseau d'intérêt local du Var et les tramways de la Côte-d'Or, pourra arriver à avoir plus de 90 millions d'obligations, pour 20 millions d'actions.

Le revenu net qui lui est garanti, pour son réseau d'intérêt général, atteindra près de 4 millions et demi. Les frais d'exploitation doivent être calculés d'après la formule $2.500 + \frac{R}{3}$, avec minimum de 4.500 francs ou de 55 p. 100 de la recette brute; cette formule ne peut être considérée comme trop avantageuse au concessionnaire, pour des lignes où les pentes de 30/1000 sont très nombreuses. Il faudrait un trafic de 4.500 francs, pour que la recette couvrît les frais d'exploitation, et il est douteux qu'on dépasse, ou même qu'on atteigne, ce produit, dans la région pauvre et montagneuse que traverse la majeure partie de ces voies. Il est vrai que, sur la

ligne de Grasse à Nice, on espère une recette de 7 à 8.000 francs. Néanmoins, dans l'ensemble, il serait imprudent de compter sur une recette nette pour ce réseau, et l'on doit évaluer à 4 millions ou 4 millions et demi les charges annuelles qu'il imposera au Trésor.

Il ne paraît pas possible de prévoir des charges inférieures à 1 million, pour le réseau du Vivarais, d'une étendue de 97 kilomètres, concédé en 1886 à la *Société des Chemins de fer départementaux*, avec une garantie, au taux de 4,85 p. 100, sur un capital forfaitaire de 22 millions, sans réduction de la garantie au cas où la dépense prévue ne serait pas atteinte, et avec augmentation éventuelle de 2 millions pour travaux complémentaires. Les lignes de ce réseau ne sont pas supérieures à celles du Sud de la France, au point de vue des perspectives du trafic, et le barème des frais d'exploitation est moins avantageux pour l'État; la formule est, en effet, $3.000 + \frac{R}{3}$, avec minimum de 5.000 francs par kilomètre. Ce minimum serait réduit à 4.500 francs, si on rendait définitive la concession de deux lignes, d'une étendue de 77 kilomètres, concédées à titre éventuel en 1885, et pour lesquelles le capital forfaitaire doit être fixé par le Conseil général des Ponts et Chaussées.

Nous rappelons ici que la Société des Chemins de fer départementaux a aussi l'entreprise des lignes d'intérêt général du département de la Corse. Cette entreprise n'a pas le caractère d'une concession. A raison de l'incertitude régnant sur les conditions possibles de l'exploitation, on s'est borné à conclure un traité d'affermage. La compagnie doit exécuter deux des lignes, moyennant un prix à forfait de 25 millions; elle recevra les autres lignes, exécutées par les ingénieurs de l'État, fournira pour tout le réseau, dont l'étendue est de 211 kilomètres, l'outillage et le matériel roulant, et exploitera

au compte de l'État, en faisant figurer dans les dépenses annuelles l'intérêt et l'amortissement de son matériel.

Un arrangement analogue a été conclu avec la compagnie de Fives-Lille, pour l'exploitation de la ligne de Saint-Georges de Commiers à La Mure, construite aux frais de l'État.

Abstraction faite de ces deux dernières affaires, qui présentent un caractère spécial, les trois réseaux secondaires d'intérêt général concédés entraîneront vraisemblablement pour l'État, par l'effet de la garantie, des charges annuelles d'environ 6 millions, ou même davantage; ces charges seront encore augmentées, si les concessions éventuelles sont rendues définitives, et se prolongeront à peu près autant que les concessions.

Dans ces dernières années, on a préconisé la constitution de réseaux analogues pour l'exécution de la plupart des lignes classées et non concédées. On a même parlé d'étendre ce système à une partie des lignes concédées aux grandes compagnies par les dernières conventions. On a fait valoir, à l'appui de cette proposition, les économies que donne la substitution, d'une part, de la voie étroite à la voie large, d'autre part, de l'exploitation par une petite compagnie à l'exploitation par une grande. Sans vouloir discuter ici la valeur de ces deux avantages, nous devons faire remarquer qu'ils sont parfaitement conciliables avec le régime des conventions de 1883. C'est ainsi qu'une loi du 10 décembre 1885 a constitué en Bretagne, dans les concessions de la compagnie de l'Ouest, un petit réseau qui sera construit à voie étroite, et affermé à la Compagnie des Chemins de fer économiques. La création de réseaux entièrement indépendants présente, au contraire, des inconvénients sérieux, qu'il est nécessaire de ne pas perdre de vue, et que nous allons indiquer.

D'abord, la garantie d'intérêts donnée à ces réseaux est calculée à un taux compris entre 5 p. 100 et 4,65 p. 100, amortissement en quatre-vingt-dix-neuf ans compris, ce qui répond à un taux d'intérêt de 4,95 à 4,60 p. 100. Il est vrai que ce n'est qu'une garantie, tandis que, pour les lignes concédées sous le régime des conventions de 1883, la majeure partie de la dépense est faite au moyen d'emprunts dont l'État doit assurer le service à titre de subvention. Mais, entre une subvention et une garantie qui doit durer autant que la concession, nous ne voyons pas grande différence; nous en voyons une considérable, au contraire, entre le taux d'intérêt, qui est d'environ $4\frac{3}{4}$ p. 100, quand il s'agit d'une garantie donnée à une petite compagnie, et qui est de $4\frac{1}{4}$ à peine, lorsque les capitaux ont été obtenus par l'émission d'obligations des grandes compagnies. Le taux des emprunts en rentes, en cas d'exécution des lignes directement par l'État, diffère peu de celui des emprunts des grandes compagnies, si l'on tient compte des impôts que le Trésor paye d'un côté et encaisse de l'autre, quand il emprunte par l'intermédiaire des compagnies, grandes ou petites, et qui ne constituent, par suite, qu'une dépense d'ordre. L'écart est donc de plus d'un dixième entre le taux des emprunts de l'État et des grandes compagnies, et le taux des garanties données aux petits réseaux. De ce chef seulement, l'État subit, quand il emploie l'intermédiaire des compagnies secondaires, une perte de 10 ou 15 p. 100 sur la totalité des dépenses.

Nous ne reviendrons pas sur la différence énorme qui résulte, au point de vue des chances de développement du trafic, de ce que, dans un cas, l'exploitation est aux mains d'un concessionnaire qui aspire à ne plus faire appel à la garantie, tandis que, dans l'autre cas, elle est dirigée par une compagnie dont la seule préoccupation est de gagner sur les forfaits. Mais nous voulons signaler

une autre conséquence grave du développement des petits réseaux, au point de vue du contrôle parlementaire sur la progression des dépenses.

Dans le système des conventions de 1883, le montant annuel des sommes à affecter à l'exécution des lignes nouvelles est réglé par la loi de finances. Les Chambres peuvent, d'après la situation budgétaire, accélérer ou ralentir la marche des travaux; les compagnies, pour qui l'ouverture des lignes nouvelles sera plutôt onéreuse que lucrative, ne réclameront certainement pas, si les délais d'exécution prévus sont dépassés. Mais, quand un réseau spécial est constitué, les intérêts pendant la construction, qui s'ajoutent au capital, entrent dans l'évaluation du forfait pour une somme calculée d'après la durée probable des travaux; le concessionnaire a hâte de faire passer la charge de ces intérêts de son compte à celui de l'État, en ouvrant les lignes de manière à faire fonctionner la garantie, et l'administration n'est pas en droit d'exiger l'ajournement ou le ralentissement de la construction de certaines lignes. Sans doute, en règle générale, il est de mauvaise politique économique de prolonger la durée d'exécution des voies nouvelles, puisqu'on paye l'intérêt des dépenses déjà faites, sans tirer aucune utilité des ouvrages inachevés. Mais quand il s'agit de travaux qui ne doivent pas être rémunérateurs, il vaut encore mieux, dans un moment de difficultés financières, les ralentir, et surtout ajourner ceux qui ne sont pas commencés, que surcharger le budget. Avec le régime des conventions de 1883, le Parlement reste maître de statuer à cet égard. Avec le développement des petits réseaux, une fois les lois de concession votées, les pouvoirs publics n'ont plus aucune action sur la progression des dépenses, et perdent même facilement de vue les charges que les engagements ainsi contractés font peser sur l'avenir.

Par toutes ces raisons, nous considérons le développement des petits réseaux d'intérêt général comme une très fâcheuse solution de la question de la construction des lignes nouvelles. Si l'on tient à constituer de semblables réseaux, il importe, pour ces réseaux comme pour ceux d'intérêt local, de ne pas se leurrer en appelant garantie ce qui est subvention, et de donner franchement, sous ce dernier nom, en argent ou mieux en travaux, une fraction du capital d'établissement suffisante pour que les compagnies, une fois constituées, soient solvables vis-à-vis de l'État. Mais, si des considérations financières interdisent de rouvrir le grand livre de la Dette publique, pour construire ou subventionner les chemins de fer, il n'y a que deux partis raisonnables : ou ajourner les lignes secondaires, ou chercher une solution analogue à celle qui a été employée en Bretagne, et qui combine heureusement les avantages des grandes et des petites compagnies.

Garantie d'intérêts pour les chemins de fer coloniaux, et pour le port de la Réunion. —

Pour compléter le tableau des charges pesant sur l'État, par le fait des garanties d'intérêt accordées aux chemins de fer, nous devons mentionner encore deux entreprises qui figurent au budget des colonies.

La première est celle du *Chemin de fer et du Port de la Réunion*, concédés solidairement par une loi du 23 juin 1877. La compagnie concessionnaire devait avoir un capital de 5 millions, servant uniquement de cautionnement, de réserve et de fonds de roulement. Elle devait réaliser en obligations la totalité des sommes nécessaires à l'exécution des travaux, évalués à 34 millions, et l'État garantissait un revenu net de 5,65 p. 100 sur la dépense, arrêtée à forfait à ce chiffre de 34 millions, soit un revenu de 1.925.000 francs. Cette garantie ne se présentait pas dans

les conditions ordinaires : au lieu de s'engager à compléter au concessionnaire le revenu de 1.925.000 francs après la mise en exploitation du Chemin de fer et du Port, l'État se portait directement garant du paiement des coupons, vis-à-vis des obligataires; en sorte qu'il était tenu de payer, à défaut de la compagnie, que les travaux fussent achevés ou non. Il s'engageait même à avancer à la compagnie une somme de 4 millions, pour le paiement des intérêts des actions et des obligations pendant la construction, le surplus de ces charges d'intérêts, en cas d'insuffisance de cette somme, devant être prélevé sur le capital social. La somme allouée à la compagnie, pour ses dépenses d'exploitation, était fixée à forfait à 63 p. 100 de la recette, si celle-ci était inférieure à 2.750.000 francs; la proportion devait décroître, si la recette augmentait, jusqu'à descendre à 52,5 p. 100, pour une recette supérieure à 3.500.000 francs.

Des difficultés imprévues ont prolongé jusqu'en 1888 la durée des travaux, et porté la dépense d'établissement à plus de 64 millions, y compris les intérêts pendant la construction. Le produit de l'émission des obligations garanties avait atteint 40.900.000 francs, au lieu de 34 millions, le prix de vente des titres ayant permis de gager, avec l'annuité due par l'État, un emprunt supérieur aux prévisions. La compagnie employa aux travaux et au service des intérêts pendant la construction, outre ces 40.900.000 francs : 1° 1.300.000 francs de bénéfices réalisés sur placements de fonds; 2° l'avance de 4 millions faite par le Trésor; 3° enfin, la totalité de son capital-actions. Elle a dû, néanmoins, solliciter une augmentation de la garantie, et cette augmentation lui a été accordée, en 1884, pour un emprunt nouveau montant à 11.400.000 francs, somme jugée nécessaire à l'achèvement des travaux. Ceux-ci ont été à peu près terminés. Mais alors, la compagnie se trouvait à bout de ressources, et ne pouvait.

assurer le service de l'exploitation; sa déchéance a été, en conséquence, prononcée le 2 décembre 1887.

L'Etat est resté chargé du service des emprunts garantis, montant à une somme de 2.495.000 francs par an, au paiement de laquelle la colonie contribue par une subvention fixe de 160.000 francs. L'État est entré, il est vrai, en possession du Chemin de fer et du Port; mais la recette qui n'a été, en 1888, que de 784.000 francs pour le chemin de fer (126 kilomètres), et de 233.000 francs pour le port, ne couvre pas même les frais d'exploitation et d'entretien, montant à 1.240.000 francs. Le port, en particulier, n'a eu qu'un mouvement de 34.000 tonnes, au lieu des 120.000 tonnes sur lesquelles on comptait. La plupart des navires continuent à faire leurs opérations le long d'appontements installés, par des particuliers, sur divers points des côtes de l'île, et auxquels on donne le nom de *marines*. Ces établissements, tout imparfaits qu'ils sont, retiennent la clientèle et empêchent le développement du trafic du port.

Pour mettre fin à cette situation, le Gouvernement avait pensé à supprimer les *marines*, qui sont établies sur le domaine public en vertu d'autorisations révocables; la question est aujourd'hui à l'étude. Il est, en effet, naturel que l'État, qui a pris de lourds engagements dans l'intérêt de la colonie, cherche à assurer la rentrée des taxes qui doivent alléger ses charges. Cependant, on ne peut s'empêcher d'être frappé de cette singulière nécessité, de fermer les établissements préexistants, pour obliger les navires à utiliser les travaux considérables faits dans leur intérêt. En tout cas, il paraît difficile d'espérer, dans l'avenir, des bénéfices nets représentant une fraction importante du service des emprunts.

On voit, dans cette affaire, un exemple remarquable des conséquences de l'application d'une garantie d'intérêts à des projets insuffisamment étudiés. L'insuffisance

des études est un danger dont il faut toujours se préoccuper, en matière de concession avec garantie d'intérêts. L'administration croit sérieuses, en général, les études faites par une compagnie qui prend la concession de l'entreprise. Les compagnies, de leur côté, sont disposées à tenir pour bonnes les évaluations sommaires faites par les agents de l'État, qui n'ont cependant pas dressé des devis complets, comme s'ils avaient dû exécuter les travaux. De la sorte, chacune des parties s'en rapportant à l'autre, la double étude faite par l'État et par le concessionnaire, au lieu de constituer une double garantie, peut conduire à n'avoir aucun projet dressé avec le soin voulu ; et lorsque l'insuffisance des évaluations se révèle, les concessionnaires ne manquent pas de rejeter sur l'État les conséquences de leur propre imprudence.

Il faut ajouter que la combinaison financière adoptée présentait, dès le début, un vice évident : l'insuffisance du capital-actions. Ce capital étant fixé à 5 millions seulement, les bénéfices pouvaient être relativement énormes, si les évaluations n'étaient pas dépassées. L'écart entre le taux de la garantie et le taux réel des emprunts a permis, à lui seul, de réaliser, sur l'émission des obligations, un bénéfice de 6.900.000 francs, supérieur au fonds social. Mais, par contre, il suffisait de mécomptes, même d'importance relativement médiocre, pour rendre la compagnie insolvable. Les travaux étant évalués primitivement à 34 millions, le capital-actions n'en représentait que le septième, et il suffisait d'un dépassement, dans les dépenses, atteignant la proportion, très ordinaire, du quart ou du cinquième du montant des devis, pour faire crouler la combinaison.

La deuxième entreprise coloniale garantie par l'État est celle du *Chemin de fer de Dakar à Saint-Louis* (Sénégal), long de 264 kilomètres, et concédé en 1882 à la

Société des Batignolles. La dépense était évaluée à 68.000 francs par kilomètre; l'État a avancé les trois quarts de cette dépense, soit une somme fixée à forfait à 12.680.000 francs, et a garanti pour le surplus, fourni par le concessionnaire, un intérêt de 6 p. 100, soit 1.154 francs par kilomètre. Une compagnie, au capital de 5 millions, s'est formée pour reprendre la concession, et les travaux ont été exécutés par la Société des Batignolles, moyennant le versement intégral de cette somme et de la subvention de l'État. Ils sont aujourd'hui terminés, mais dans des conditions défectueuses, qui rendent l'entretien très onéreux.

Les recettes, évaluées dans le projet à 5.000 francs par kilomètre, n'ont pas encore atteint ce chiffre; elles ont été en 1886 de 2.700 francs, en 1887 de 3.000 francs, en 1888 de 4.300 francs; le transit entre Dakar et Saint-Louis est enlevé en partie par la voie de mer, sur laquelle il existe un service concurrent subventionné. Les frais d'entretien et d'exploitation seront calculés d'après un barème, qui sera établi dès que les conditions du service seront suffisamment définies; à défaut d'accord entre les parties, ce barème sera arrêté par un arbitrage, et pourra toujours être modifié dans la même forme; il n'a pas encore été établi. La compagnie a présenté des comptes de dépenses réelles atteignant, par kilomètre, 12.000 francs pour 1886, 8.900 pour 1887 et 7.700 pour 1888. Le chiffre très élevé des dépenses pour les premières années s'explique par la nécessité de réparer les vices de la construction, qui retombent ainsi à la charge de l'État. On peut espérer qu'une fois dans la période d'entretien normal, l'excédent des dépenses d'exploitation sur les recettes sera réduit à deux ou trois mille francs par kilomètre, ce qui ramènerait à environ 1 million de francs le montant annuel de la garantie.

Au total, c'est une charge de près de 4 millions que

la garantie d'intérêts et les déficits d'exploitation, en 1888, imposent à l'État, pour ces deux entreprises coloniales, et la situation ne permet guère d'espérer que les sacrifices annuels qu'elles imposeront au Trésor descendent au-dessous de 3 millions.

2° ENTREPRISES AGRICOLES.

De l'application de la garantie d'intérêts aux entreprises agricoles, notamment à celles des associations syndicales. — L'idée d'appliquer la garantie d'intérêt aux entreprises agricoles n'est pas fort ancienne. Elle remonte à l'époque où M. de Freycinet, ministre des travaux publics, voulut donner une vive impulsion à la création de canaux pour l'irrigation des prairies et pour la submersion des vignes phylloxérées, comme à toutes les autres branches de travaux publics. A ce moment, la pensée ne vint à personne, que l'État pût prendre directement ces entreprises à son compte. Mais, comme les subventions allouées jusque-là aux compagnies ou aux syndicats qui s'en chargeaient, n'avaient pas réussi à donner à ces sociétés une solvabilité et un crédit suffisants, on résolut de recourir au même remède que pour les chemins de fer d'intérêt local : à l'application de la garantie d'intérêts. La grande Commission constituée, en 1878, pour étudier les questions relatives à l'aménagement des eaux, recommanda tout particulièrement ce système, et le Conseil d'État prépara, sur la matière, un projet de loi qui, d'ailleurs, n'a pas reçu de suite.

Nous n'aurons pas à nous étendre très longuement sur cette partie de notre sujet, parce que, d'une part, les cas d'application du système n'ont pas été jusqu'ici très nombreux et que, d'autre part, les observations générales auxquelles il donne lieu pourront être bien abrégées, si

nous nous référons à ce qui a été dit plus haut, à l'occasion des petites compagnies de chemins de fer.

Dans un cas comme dans l'autre, le point capital est que la garantie d'intérêts ne désintéresse pas, de la prospérité financière de l'entreprise, la compagnie ou le syndicat à qui on accorde cette garantie. Pour cela, nous l'avons vu, il faut que la garantie ne constitue pas une subvention déguisée, et que le remboursement des avances auxquelles elle donnera lieu soit à peu près certain. Les entreprises agricoles, à cet égard, ont sur les chemins de fer l'avantage d'être moins aléatoires, malgré l'opinion contraire à laquelle ont donné lieu les mésaventures, trop nombreuses, rencontrées dans des affaires engagées sans précautions suffisantes. Le dépassement des évaluations, pour les travaux, est sans doute plus à craindre, en raison des difficultés imprévues que présente souvent l'étanchement des canaux. Cependant, des études suffisamment soignées peuvent, à cet égard, diminuer les chances de mécomptes. Quant aux recettes, leur évaluation peut se faire avec beaucoup plus de certitude que pour toute autre entreprise.

En effet, si les canaux d'irrigation ne laissent pas ouverte, comme les chemins de fer, la perspective d'un développement illimité des produits, en cas de création d'éléments de trafic nouveaux, par contre, ils se prêtent à une détermination bien plus précise des revenus immédiatement réalisables; car ces revenus résulteront uniquement de l'emploi de l'eau sur des propriétés connues. En admettant, comme on l'a fait quelquefois, que toute l'eau disponible sera souscrite en très peu de temps, on court sans doute à des déceptions certaines. Mais on peut toujours attendre, pour commencer les travaux, que des souscriptions en nombre déterminé aient été déjà signées, et l'on a, alors, une base d'opérations présentant une certitude à peu près absolue; car, si les enga-

gements ont été convenablement rédigés et vérifiés, la proportion qui pourra tomber en non-valeur sera toujours très minime.

Les Chambres sont en ce moment saisies d'un projet de loi (canal du Bazert), qui accorde une garantie d'intérêts de l'État, en posant comme condition que, avant l'exécution des travaux, les engagements souscrits devront constituer un revenu acquis égal au revenu garanti. Dans ces conditions, le Trésor n'aura, pour ainsi dire, point d'avances à faire. La garantie aura simplement pour effet d'assurer du crédit au concessionnaire, en ajoutant la signature de l'État aux signatures données par les souscripteurs à l'usage des eaux, signatures dont la valeur pourrait difficilement être vérifiée par les capitalistes appelés à prêter les sommes nécessaires à l'exécution des travaux. L'État n'aura d'autre déficit à combler que celui qui résulterait de l'impossibilité de recouvrer quelques-unes des taxes souscrites. Ce sont là des conditions tout particulièrement satisfaisantes. Sans espérer qu'on puisse toujours aller aussi loin, on admettra bien que, si les engagements antérieurs au commencement des travaux couvrent la presque totalité des charges, il n'est pas déraisonnable de compter, une fois le canal mis en eau, sur un développement de recettes rendant bientôt la garantie de l'État purement nominale. Si la situation des terrains compris dans le périmètre arrosable a été bien étudiée, les chances de mécomptes seront extrêmement faibles.

Le point important est que les actes d'engagement admis lient effectivement les propriétaires, et que les terrains pour lesquels ils sont souscrits constituent un gage effectif. L'expérience acquise aujourd'hui permet d'éviter à l'avenir, dans la vérification des souscriptions antérieures à l'exécution des travaux, les causes de déceptions que l'on a quelquefois rencontrées dans le passé.

Cette vérification a d'autant plus d'importance, quand il s'agit d'associations syndicales, que la caducité de certaines souscriptions peut entraîner la nullité des autres. Si, en effet, les souscriptions visent cette condition, que les travaux ne seront exécutés qu'autant qu'une surface déterminée, 2.000 hectares par exemple, aura été engagée à l'arrosage, chaque adhérent ne s'est lié, pour chaque hectare engagé, que jusqu'à concurrence d'un deux-millième des charges de l'entreprise. Si, donc, il se trouvait que 1.000 hectares seulement fussent valablement engagés, et qu'on voulût faire payer à chacun un millième de la dépense, les propriétaires pourraient être fondés à dire qu'ils n'ont pas souscrit dans ces conditions, et l'association tomberait en dissolution.

Si une portion du capital nécessaire à l'établissement d'un canal ne doit pas trouver sa rémunération dans les recettes déjà assurées, ou du moins très probables, elle peut être donnée à titre de subvention. La nécessité des subventions, pour les grands travaux d'intérêt agricole, est, d'ailleurs, généralement admise, et leur allocation se justifie facilement. Sans doute, ces travaux ne doivent pas être exécutés, s'ils n'augmentent pas le produit des terrains qui en profitent, d'une somme supérieure aux intérêts du capital dépensé. Mais l'expérience montre qu'il n'est pas possible de faire payer, par les propriétaires de ces terrains, une redevance représentant la majeure partie de la plus-value réalisée dans les produits. Les agriculteurs, dont les rentrées sont soumises à tant d'éventualités, hésitent toujours à prendre l'engagement de payer annuellement une taxe un peu forte, qui, sans doute, reste inférieure à l'augmentation moyenne de revenu à attendre des arrosages ou de la submersion, mais qui devra être payée dans les mauvaises années comme dans les bonnes. De plus, pour utiliser les eaux, il faut exécuter, dans l'intérieur de chaque propriété,

des travaux dont la dépense atteint plusieurs centaines de francs par hectare, et la prudence des propriétaires ruraux répugne infiniment à toute opération impliquant de fortes avances ; si, à ces avances, s'ajoutait encore une taxe permanente trop élevée, ce serait, pour beaucoup d'entre eux, une objection insurmontable.

Or, dans un pays comme la France, où la propriété est très divisée, il n'est pas de grand travail d'amélioration agricole qui puisse être réalisé sans la réunion d'un grand nombre d'adhésions. Les agriculteurs plus entreprenants ou plus hardis seraient donc arrêtés, dans toutes leurs tentatives d'amélioration, par la résistance de leurs voisins à s'y associer, si l'État ne leur venait en aide en prenant à sa charge une fraction de la dépense. Avec son secours, les adhésions peuvent se multiplier plus facilement, d'une part, parce que les taxes sont moindres, d'autre part, parce que la perspective de participer à des subventions exerce toujours, dans les campagnes, un grand attrait.

Les subventions allouées aux entreprises nouvelles peuvent, d'ailleurs, être moins fortes, lorsque les bienfaits de l'usage des eaux sont plus connus et mieux appréciés et que, par suite, on peut augmenter les redevances. Ainsi, pour la submersion des vignes phylloxérées, il est plus facile de recueillir aujourd'hui des souscriptions impliquant des redevances de 60 ou de 70 francs par hectare, qu'il ne l'était, il y a quelques années, d'en obtenir avec des taxes de 40 francs. Il est naturel, aussi, d'accorder des subventions plus fortes dans un pays neuf, où les capitaux manquent et où tout est à créer, comme l'Algérie, que dans les régions où l'agriculture est déjà prospère. Il convient évidemment, dans chaque affaire, de réduire les subventions au strict minimum, de manière à laisser supporter la plus forte part possible de la dépense par ceux à qui elle profitera. Le seul point sur lequel nous ayons à insister ici, c'est la nécessité de

ne jamais confondre la garantie d'intérêts avec les subventions, et de n'appliquer cette garantie qu'à la portion des dépenses d'établissement dont les charges pourront être promptement couvertes par les recettes. Si le surplus du capital nécessaire pour une entreprise excède les sommes que l'État, ou les départements, veulent ou peuvent donner à titre de subvention, il faut renoncer à cette entreprise, sous peine de voir se renouveler les déceptions qui ont jeté un certain discrédit sur ce genre d'affaires.

Comme pour les chemins de fer secondaires, nous allons passer en revue les questions que peut soulever l'allocation des garanties d'intérêts aux entreprises agricoles, au point de vue : *a)* du taux de la garantie ; *b)* des dépenses d'établissement ; *c)* des frais d'entretien et d'exploitation.

a) Emprunts et taux de la garantie. — Au point de vue des emprunts, le crédit des entreprises agricoles est malheureusement inférieur à celui des compagnies de chemins de fer, même secondaires. L'importance des capitaux à réunir n'est généralement pas assez grande, pour permettre de faire les frais d'un appel direct au public, et de créer une clientèle pour le placement des obligations. Il faut donc recourir aux établissements de crédit, et l'histoire financière des canaux d'irrigation entrepris dans ces dernières années n'est pas de nature à décider ces établissements à offrir des conditions bien avantageuses. Il faudra, sans doute, un certain temps et une grande prudence dans la constitution des affaires nouvelles, pour faire acquérir aux compagnies agricoles un crédit analogue à celui des autres concessionnaires de travaux publics.

En ce qui concerne spécialement les syndicats, les répugnances auxquelles ils se heurtent, lorsqu'ils cher-

chent à contracter des emprunts, s'expliquent par la difficulté que leurs créanciers ont souvent éprouvée à rentrer dans leurs avances. Les ressources des syndicats consistent uniquement en taxes votées par les intéressés et levées par leurs représentants, en la forme des contributions directes. Lorsque ces taxes dépassent les prévisions et arrivent à peser très lourdement sur les membres de l'association, ceux-ci apportent peu de zèle à se taxer eux-mêmes ; on a même vu des associations syndicales chercher à se dissoudre, pour éviter de payer des dettes trop importantes. Or, en pareil cas, les poursuites devant les tribunaux ne fournissent pas aux créanciers de moyen efficace pour obtenir leur paiement. Ils arrivent bien à faire reconnaître judiciairement leur créance ; mais l'exécution du jugement ne peut être poursuivie contre les membres de l'association individuellement, et celle-ci elle-même est une personne morale administrative, sur laquelle les moyens d'action fournis par le Code de procédure civile n'ont pas de prise efficace. L'administration seule a qualité pour inscrire d'office une dépense au budget syndical, pour dresser d'office des rôles et en poursuivre le recouvrement ; encore, l'étendue de ses droits n'est-elle bien déterminée, qu'autant que les statuts de l'association ont prévu son intervention. En effet, les textes législatifs généraux relatifs aux syndicats, conçus dans un esprit de libéralisme et de décentralisation excessif, n'ont pas conféré à l'autorité publique les pouvoirs indispensables pour obvier au défaut de capacité ou de bonne volonté des associés, même lorsque ceux-ci, en négligeant la gestion des affaires sociales, laissent en souffrance les engagements qu'ils ont contractés, et compromettent par suite les intérêts des tiers.

Ainsi, pour que les créanciers d'une association syndicale soient sûrs d'être payés, il faut d'abord que l'administration ait les moyens d'action suffisants ; il faut ensuite

qu'elle ait la volonté d'en user. Une jurisprudence, dans les détails de laquelle nous n'avons pas à entrer ici, a bien cherché, dans quelques cas, à obvier aux conséquences trop fâcheuses des lacunes des textes. Mais l'administration, qui n'use pas toujours volontiers des moyens coercitifs, même lorsque ses droits sont certains, ne peut guère intervenir activement, quand ils sont douteux. Par suite, le recouvrement des créances sur les syndicats est souvent difficile et même problématique. Aussi leur crédit s'en ressent-il; en sorte que, pour avoir voulu assurer leur indépendance, la loi de 1865 leur a enlevé les moyens de se procurer l'argent nécessaire à l'accomplissement de leurs œuvres. Une loi récente, du 22 décembre 1888, a donné délégation au gouvernement pour déterminer les mesures nécessaires à l'exécution des lois relatives aux associations syndicales, au moyen d'un règlement d'administration publique qui, nous l'espérons, comblera sur ce point les lacunes de la législation.

Cependant, même en l'absence de ce règlement, il est possible de remédier aux défauts de la loi, en insérant dans les statuts des associations des clauses qui donnent à l'administration les pouvoirs nécessaires : 1° pour imposer l'acquittement des dettes syndicales; 2° pour assurer, au besoin, l'achèvement des ouvrages destinés à procurer aux terrains les plus-values grâce auxquelles les propriétaires auront les moyens de payer les taxes. Sous le régime de la loi de 1865, si l'administration avait fait, de l'insertion de clauses semblables, la condition générale de la transformation des associations libres en associations autorisées, elle aurait peut-être excédé les pouvoirs qu'avait voulu lui conférer cette loi. La loi du 22 décembre 1888, inspirée à cet égard par une idée plus juste, fait au contraire un devoir aux préfets de n'autoriser les travaux des associations syndicales qu'après s'être assurés que le payement de ces travaux, comme

celui des indemnités, est suffisamment garanti. En tout cas, sous l'une comme sous l'autre loi, toutes les fois que le gouvernement subventionne un syndicat, et à plus forte raison lorsqu'il garantit l'intérêt de ses emprunts, c'est son droit et son devoir absolu de ne pas laisser exposée à une prompte désorganisation, une entreprise dans laquelle il engage les fonds du Trésor.

Il faut, en outre, ne jamais hésiter à user des droits conférés au ministre ou au préfet, lorsque cela est nécessaire pour assurer le prompt paiement des dettes. Rien, en effet, n'est plus préjudiciable au crédit des syndicats, en général, que la longue attente, et même les pertes, subies, dans plusieurs cas, par les créanciers de quelques-uns d'entre eux. Quelques précédents fâcheux ont fait douter de la fermeté de l'administration à faire payer les débiteurs récalcitrants, même lorsque les statuts l'arment des pouvoirs nécessaires. Aussi, les établissements qui devraient être les banquiers naturels des syndicats, la Caisse des Dépôts et Consignations et le Crédit Foncier, tendent-ils à exiger, comme condition de leurs prêts, soit la garantie personnelle de certains associés avec inscription hypothécaire sur leurs biens, soit un engagement direct de l'État assurant le paiement des arrérages à échéance fixe.

Nous avons vu que, pour les chemins de fer, la garantie d'intérêts ne prend que très exceptionnellement ce caractère, d'une dette directe de l'État vis-à-vis des porteurs de titres. L'État, en général, garantit seulement au concessionnaire, si celui-ci s'acquitte des obligations résultant de son cahier des charges, un certain revenu, au moyen duquel ce concessionnaire paie ses créanciers. En se liant directement vis-à-vis de ces derniers, l'État s'oblige à assurer le service des emprunts, une fois contractés, même si les travaux en vue desquels il a donné son concours ne sont pas exécutés. C'est là une conséquence fâcheuse de ce système de garantie. Cependant,

au fond, la différence entre les deux systèmes est moins grande qu'il ne semble, car, quoi qu'il arrive, l'État ne laisserait pas impayés des emprunts contractés avec son autorisation, pour une entreprise jouissant de sa garantie. On peut donc consentir à ce que le Trésor se porte caution du paiement des arrérages des emprunts, ou des coupons des titres émis par les syndicats auxquels une garantie est accordée, du moment où cela est nécessaire pour atteindre le but poursuivi, qui est de procurer du crédit à ces syndicats.

Le principal inconvénient de ce système est d'obliger à faire dépendre le taux de la garantie du montant des charges réelles des emprunts. Du moment où l'État assure directement, en cas de besoin, le service de ces emprunts, il faut bien qu'il accepte le taux d'intérêt auquel ils ont été contractés. Nous avons eu déjà occasion de dire à quels abus ou à quelles collusions peut donner naissance une pareille disposition, appliquée à des titres ayant un marché peu étendu et dont le cours est, par suite, facilement influencé dans une forte proportion par la spéculation. Ces dangers sont un peu moindres avec un syndicat, dont les actes peuvent être subordonnés à l'approbation du préfet ou du ministre, qu'avec une compagnie. Il est indispensable, néanmoins, de limiter les charges du Trésor, en fixant un maximum pour l'intérêt garanti. On a proposé, par exemple, comme limite, le taux des prêts faits aux communes par le Crédit Foncier, à qui il est toujours possible de s'adresser, à défaut d'offres plus avantageuses. Mais ce taux reste assez élevé; il est, actuellement, amortissement non compris, de 4,60 p. 100 pour les prêts inférieurs à 100.000 fr., de 4,50 p. 100 pour les prêts compris entre 100.000 francs et 500.000 francs, et de 4,35 p. 100 pour les prêts supérieurs à 500.000 francs.

Lorsqu'on a affaire, non à un syndicat, mais à un concessionnaire, sur qui on ne peut se réserver un droit

de tutelle, la fixation forfaitaire du taux de la garantie s'impose, comme nous l'avons expliqué à propos des petites compagnies de chemins de fer. Il est sage, alors, de ne pas prendre un chiffre trop bas. En inscrivant dans les conventions, comme on l'a fait quelquefois, un taux égal à celui des emprunts que ferait l'État, on ne permet aux compagnies de gager, avec l'annuité garantie, qu'un emprunt très inférieur au chiffre prévu. Une garantie de 4 p. 100 sur 1 million, soit de 40.000 francs par an, ne permet guère à une société agricole d'emprunter plus de 800.000 à 900.000 francs, et il y a là une source de mécomptes qui peut entraver l'achèvement de l'œuvre. Il ne sert à rien de se leurrer, en refusant de proportionner le revenu garanti au crédit probable de la société qui empruntera; mais, du moment où le taux de la garantie est sensiblement plus onéreux que celui auquel l'État emprunterait directement, c'est une raison de plus pour ne pas augmenter inutilement le capital auquel ce taux s'applique, en déguisant les subventions sous le nom de garantie, c'est-à-dire pour fournir en argent la partie du capital que les recettes de l'entreprise ne pourront pas rémunérer, au bout de peu d'années.

Il est vrai que la situation financière actuelle se prête mal à l'inscription de fortes subventions au budget ordinaire de l'État, et qu'on a, fort sagement, supprimé le budget extraordinaire des travaux publics et celui de l'agriculture. Mais ne serait-il pas possible de laisser aux départements ou aux communes intéressés, par exemple, le soin de se procurer les capitaux nécessaires, moyennant paiement d'une partie des intérêts par l'État, sous forme d'annuités? Ce système se prêterait à une extension suffisante des travaux agricoles; en même temps, il associerait les budgets locaux aux sacrifices du Trésor, ce qui permettrait d'opposer une fin de non-recevoir à toutes les sollicitations tendant à obtenir le concours de l'État, pour des

entreprises que les représentants de la région intéressée refuseraient de subventionner.

b) *Dépenses d'établissement.* — L'idée n'est guère venue d'appliquer le système du forfait à la construction des canaux agricoles ; car ces travaux sont considérés, avec raison, comme particulièrement aléatoires. Mais tous les projets basés sur une garantie d'intérêts ont toujours impliqué la fixation d'un maximum pour le capital garanti, fixation indispensable pour connaître le montant des engagements de l'État. Il importe, dans la détermination de ce maximum, de s'appuyer sur des études très complètes, de prévoir toutes les éventualités fâcheuses, et de ne pas accepter les évaluations réduites, faites en vue de déterminer les intéressés et l'État à entreprendre l'affaire. C'est pour avoir négligé ce genre de précautions que l'on a rencontré tant de déceptions.

Il est utile d'appeler particulièrement l'attention sur un point très important, qui a été quelquefois perdu de vue, dans l'étude des affaires à entreprendre par des associations syndicales ; ce point, c'est la nécessité de réserver, dans le calcul des ressources, un élément variable pour équilibrer les recettes et les dépenses, si celles-ci dépassent les prévisions.

Dans les concessions faites à des compagnies, cet élément variable, c'est le dividende. La taxe à percevoir sur les propriétaires qui arrosent leurs terrains ou qui submergent leurs vignes, est fixe. Les calculs sont établis en vue d'assurer une rémunération raisonnable à tous les capitaux engagés dans l'affaire, en dehors des subventions. Si les recettes sont plus fortes, ou si les dépenses sont moindres, que l'on ne pensait, le dividende est augmenté. Si, au contraire, il y a des mécomptes, le dividende est réduit ; les sommes qui étaient destinées à le constituer servent à combler le déficit, ou à gager de

nouveaux emprunts. Ainsi, pourvu que le capital-actions représente une fraction assez importante de la dépense totale prévue, on a une marge suffisante pour que le service soit assuré dans tous les cas.

Dans les associations syndicales, il n'y a pas de capital-actions. Tous les fonds sont réunis au moyen d'emprunts, dont l'intérêt et l'amortissement absorbent, chaque année, une somme fixe; il faut payer cette somme à l'échéance, sous peine de tomber en déconfiture. Les véritables actionnaires, ce sont les arrosants; ce sont eux qui se sont constitués en société pour entreprendre l'affaire; c'est à leurs risques et périls qu'elle se fait; l'élément variable doit donc être leur cotisation. Si les dépenses sont moindres et les recettes plus élevées qu'on ne l'avait prévu, cette cotisation baissera. Il faut, par contre, qu'elle puisse être augmentée, en cas de dépassement de l'évaluation des travaux, ou de déficit dans les recettes, sans quoi l'association n'aura aucune manière de mettre ses ressources en rapport avec ses charges.

Dans le cas, le plus fréquent de beaucoup, où une association syndicale se constitue sans garantie d'intérêts, le chiffre de la cotisation est même absolument indéterminé. Sans doute, des calculs ont dû être faits pour en prévoir le montant, et c'est d'après ces calculs que les propriétaires intéressés se sont décidés à entrer dans l'association. Mais, dans les statuts qui règlent juridiquement les rapports de chacun d'entre eux avec cette association dont il est membre, toute trace d'évaluation doit disparaître. Pour chaque exercice, le montant total des charges sociales résulte, d'une part, du chiffre de la dette, d'autre part, de l'importance des dépenses votées au budget. Ces charges se répartissent entre les associés, en sorte que la taxe due par chacun d'eux résulte d'une opération mathématique, dont il serait absurde de prétendre fixer à l'avance le résultat.

Cette indétermination absolue de la taxe est de nature à effrayer singulièrement les agriculteurs intéressés, lorsqu'il s'agit d'une entreprise trop considérable pour que tous puissent se rendre compte personnellement des résultats probables. C'est pour atténuer cette incertitude, autant que pour augmenter le crédit des associations syndicales, que l'on a imaginé de leur appliquer la garantie d'intérêts. La garantie accordée à une association syndicale agit sur la cotisation, comme elle agit sur le dividende lorsqu'elle est accordée à une compagnie, en permettant de déterminer le chiffre qui sera très probablement atteint. Lorsque l'État garantit un intérêt de 5 p. 100 sur le capital à dépenser dans l'établissement d'un chemin de fer, les actionnaires savent que, à moins de circonstances exceptionnelles, ils toucheront un intérêt de 5 p. 100, le Trésor devant ajouter aux recettes la somme nécessaire à cet effet. De même, lorsqu'il s'agit d'une association syndicale, les conditions de la garantie d'intérêts déterminent la taxe que les associés auront à payer, à moins d'événement sortant tout à fait des prévisions. Cette taxe est fixée, par la convention qui alloue la garantie, à un chiffre ferme, mettons, par exemple, 50 francs par hectare, et si le produit de ces 50 francs ne couvre pas les dépenses, c'est le Trésor qui comblera la différence.

Mais le chiffre adopté n'est pas absolument immuable, et il est indispensable qu'il puisse varier dans certaines circonstances, sans quoi les associés, sûrs de ne jamais payer ni plus ni moins, n'auraient aucun intérêt, ni à limiter leurs dépenses, ni à provoquer de nouvelles adhésions. La taxe qui sert de base aux calculs de la garantie, dans les circonstances normales, peut être augmentée : en effet, les conventions fixent toujours un maximum, pour le capital garanti et pour le taux de la garantie ; si, contrairement aux prévisions, les maxima sont dépassés,

il faut répartir entre les associés le montant des charges supplémentaires que la garantie ne couvre pas, c'est-à-dire augmenter les taxes. Mais ces cas d'augmentation répondent à des hypothèses peu probables; la crainte de les voir se réaliser ne suffirait pas pour intéresser les associés à la prospérité de l'entreprise; il faut, de plus, qu'ils aient des chances sérieuses de voir diminuer leurs redevances et, pour cela, il faut que les calculs soient établis de telle sorte que le développement vraisemblable des souscriptions arrive, au bout d'un certain temps, d'abord à faire cesser l'appel à la garantie, puis à amener la réduction des taxes. L'appel à la garantie cessera, lorsque le nombre des hectares engagés sera suffisant pour couvrir les frais annuels avec la taxe prévue; puis, dès que ce nombre sera dépassé, la répartition des charges entre un plus grand nombre d'associés donnera un dégrèvement. Il importe de calculer, d'une part le chiffre des subventions, d'autre part le taux de la taxe initiale, de telle sorte que la réalisation de ces conditions soit probable; alors la garantie d'intérêt n'aura pas le caractère d'une subvention déguisée, et les membres de l'association seront intéressés au développement des souscriptions, comme l'État l'est lui-même par le fait de la garantie.

La diminution des taxes est donc une espérance qu'il faut faire concevoir aux associés, dans l'intérêt de la bonne gestion de l'affaire; mais l'augmentation de ces taxes, qui doit être également prévue, est une éventualité qu'il est nécessaire de leur avoir fait accepter d'avance, si on ne veut pas se heurter, le cas échéant, à des difficultés de droit insolubles. Du moment où la garantie de l'État est limitée, il faut que chaque souscripteur sache bien que, si la limite est dépassée, sa cotisation annuelle devra être augmentée par le syndicat, et, à défaut de celui-ci, d'office par l'administration; il est indispensable, surtout, que chaque en-

gagement implique l'acceptation de cette augmentation éventuelle des taxes. C'est là, cependant, une nécessité qui a été quelquefois oubliée : pour recueillir plus facilement des adhésions, on a voulu éviter toute cause d'inquiétude aux souscripteurs, en limitant d'avance leurs charges, et en indiquant, comme un maximum infranchissable, le chiffre de la souscription prévue dans le traité de garantie. Il s'est même trouvé des cas, comme celui du canal de Beaucaire, où, par une singulière aberration, bien qu'aucune garantie de l'État ne vint, même dans certaines limites, atténuer l'aléa pour les arrosants, on a constitué des associations syndicales en insérant, dans les souscriptions, un chiffre fixe pour les redevances. Dans ces conditions, si les prévisions qui ont servi à déterminer ce chiffre ne se réalisent pas, on tombe dans des embarras inextricables. Chaque associé n'est lié, en effet, que par l'engagement qu'il a signé; du moment où cet engagement limitait sa cotisation, il est en droit de ne pas payer plus que la taxe qu'il a acceptée, si bien que le recouvrement des sommes nécessaires pour couvrir les dépenses devient impossible.

On ne saurait donc trop insister sur la nécessité de ne jamais constituer une association, pour une entreprise jouissant d'une garantie portant sur un capital limité, sans avoir fait d'avance accepter par chaque associé les conséquences de cette limitation, de telle sorte qu'aucun d'entre eux ne puisse se refuser à subir, pour sa part, les augmentations de charges qui résulteraient d'un dépassement de la dépense prévue.

c) *Frais d'administration et d'entretien.* — Ce que nous venons de dire sur la nécessité de faire accepter d'avance, par les membres des associations syndicales, toutes les charges qui peuvent leur incomber si les dépenses d'établissement dépassent les prévisions, s'applique égale-

ment aux dépenses annuelles d'exploitation. On sépare assez souvent, dans les taxes d'arrosage, la part destinée à faire face aux frais annuels d'entretien et d'administration, de celle qui est affectée à couvrir les charges des capitaux; la première est fixée, généralement, à un chiffre uniforme de 15 francs par hectare. Dans les combinaisons basées sur une garantie d'intérêts, on place habituellement le service de l'exploitation complètement en dehors de cette garantie, dont le quantum se calcule, chaque année, uniquement en déduisant des charges annuelles du capital d'établissement, le produit de la portion des taxes affectée à couvrir ces charges.

Cette manière de faire peut parfaitement être acceptée, s'il s'agit d'un concessionnaire. Moyennant la taxe de 15 francs par hectare, il doit assurer le service. Les bénéfices ou les pertes qu'il réalise, par rapport à ce chiffre, sont au compte des actionnaires; l'entreprise ne sera donc pas compromise, si la somme affectée au dividende, dans les prévisions, est assez élevée pour faire face aux insuffisances possibles du produit de cette taxe de 15 francs. Or, en général, il n'est pas douteux qu'il en soit ainsi, car, pour les canaux d'irrigation, les frais d'exploitation n'ont jamais qu'une importance minime, relativement aux intérêts du capital d'établissement, et les imprévus qui se produiraient sur cet élément secondaire, ne peuvent guère s'élever à un chiffre suffisant pour porter atteinte à la solvabilité de la compagnie.

Mais encore faut-il qu'il y ait un moyen de parer à ces imprévus; or, il n'y en a aucun, dans les associations syndicales, si le montant de la taxe spéciale d'entretien et d'administration a été fixé par les statuts. Il est peu probable que le chiffre traditionnel de 15 francs, ou même le chiffre différent qu'on aurait pu fixer après étude des circonstances particulières de l'affaire, donne une recette toujours égale aux dépenses. S'il y a bénéfice, il

sera facile de diminuer la taxe. Mais en cas d'insuffisance, il faut pouvoir élever la cotisation, sous peine de laisser dépérir les ouvrages, et pour cela, il faut que les conditions des souscriptions n'y mettent pas obstacle. Il peut être bon de placer les frais d'exploitation en dehors de la garantie, pour éviter les ennuis d'une vérification des comptes et d'une immixtion trop grande de l'administration dans les affaires intérieures du syndicat; mais alors il faut rendre les statuts conformes à la nature des choses, en disant simplement que le budget annuel fixera les crédits pour l'entretien et l'administration, et que la dépense sera répartie entre les associés, au prorata de la surface engagée, sans indiquer d'avance aucun chiffre.

Tout au plus peut-on fixer un minimum, en décidant que, dans le cas où il serait fait appel à la garantie, la taxe d'exploitation ne pourra descendre au-dessous de 15 francs, l'excédent du produit de cette taxe par rapport aux dépenses devant venir en déduction des avances à demander à l'État. Mais un maximum ne peut être admis en aucun cas. Il n'est pas à craindre, d'ailleurs, que l'incertitude subsistant à cet égard effraye les propriétaires et empêche les souscriptions; car, du moment où l'exécution des ouvrages a été subordonnée à la réunion d'un nombre suffisant d'engagements, on aura toujours la certitude que les frais d'entretien et d'exploitation ne représenteront, pour chaque hectare, qu'une charge relativement minime.

Il va de soi que, quand l'État garantit l'intérêt des dépenses d'établissement, il doit se réserver les moyens d'assurer l'entretien des ouvrages, dont le bon fonctionnement est indispensable pour que les souscripteurs puissent payer leurs taxes. Quand il s'agit d'un canal concédé, la suspension du service serait déplorable au point de vue de la garantie, puisque les arrosants ces-

sent naturellement de payer leur taxe, lorsqu'ils cessent de recevoir, pendant un temps un peu long, l'eau dont elle est le prix. Pour les associations syndicales, la suspension du service n'implique pas la suppression des cotisations; car ce que les associés paient, ce n'est pas le prix de l'eau qu'on leur vend, c'est leur part dans des dépenses faites par l'association à laquelle ils appartiennent, part dont ils doivent acquitter le montant, que l'amélioration en vue de laquelle ces dépenses ont été faites soit réalisée ou non; mais l'encaissement des taxes devient toujours très difficile, quand la suspension des arrosages entraîne la perte totale ou partielle des récoltes. Il importe, en conséquence, au Trésor, que les ouvrages ne dépérissent pas, et que le service soit toujours assuré; l'administration doit donc se réserver, dans les statuts qu'elle approuve, les pouvoirs nécessaires pour y pourvoir, en cas de besoin.

Situation actuelle des garanties accordées à des entreprises agricoles. — Les réflexions qui précèdent nous ont été suggérées, autant par les études faites dans ces dernières années en vue de l'extension du système de la garantie aux entreprises agricoles, que par les résultats des garanties déjà allouées; car ces garanties sont encore peu nombreuses, et presque toutes ont été accordées dans des conditions qui ne permettent guère d'en faire des modèles pour l'avenir. Les lois votées jusqu'ici s'appliquent à quatre entreprises seulement: les canaux de la Bourne et de Pierrelatte, le dessèchement des marais de Fos, et le canal de Gignac.

Le *canal de la Bourne* (Drôme) a été concédé par une loi du 21 mai 1874, qui allouait pour son exécution une subvention de 2.900.000 francs, à condition toutefois que 3.000 litres d'eau eussent été préalablement souscrits.

La dotation du canal était de 7.000 litres ; le périmètre à desservir comprenait 22.000 hectares, dont 10.500 arrosables ; l'estimation de la dépense atteignait 6.880.000 fr. et le taux des taxes, pour un débit d'un litre par seconde, était fixé à 50 ou 60 francs, suivant que la souscription serait antérieure ou postérieure à la mise en eau du canal principal.

La société concessionnaire se constitua au capital de deux millions. Elle émit, en outre, 13.333 obligations 5 p. 100, d'une valeur nominale de 4 millions ; mais le produit de l'émission, tous frais déduits, ne dépassa pas 3 millions, en sorte que le taux réel d'intérêt des emprunts était de 6 2/3 p. 100.

En 1879, on reconnut que les dépenses prévues seraient dépassées de 500.000 francs environ pour le canal principal, et de 1.300.000 francs pour les canaux secondaires, dont l'évaluation primitive n'était que de 1.700.000 francs. En outre, les frais de constitution du capital avaient lourdement grevé l'entreprise, de sorte que la dépense totale devait dépasser 10 millions. Un nouvel emprunt était nécessaire, et le crédit de la compagnie était épuisé ; à défaut de secours de l'État, elle allait être dans la nécessité d'abandonner l'entreprise. Une loi du 19 juillet 1880 porta à 3.600.000 francs la subvention de l'État, et accorda une garantie d'intérêt de 4,65 p. 100, amortissement en cinquante ans compris, sur une somme de 5.500.000 fr., représentant le capital *nominal* des obligations émises ou à émettre par la compagnie. Le capital-actions restait en dehors de la garantie. Les recettes réalisées au delà de la somme de 375.750 francs, représentant l'annuité garantie (255.750 francs), augmentée de l'intérêt à 6 p. 100 du capital-actions (120.000 francs), devaient être affectées au remboursement des avances de l'État, remboursement qui serait assuré, en tous cas, par les recettes du canal entre le terme des cinquante années

formant la période d'amortissement, et celui des quatre-vingt-dix-neuf années représentant la durée de la concession. L'exposé des motifs prévoyait que l'appel à la garantie cesserait au bout de treize années.

La compagnie, dont le crédit était ainsi consolidé, put emprunter au Crédit Foncier au taux de 4,25 p. 100, amortissement non compris, en sorte que l'annuité garantie par l'État permit de gager un emprunt de 5.266.675 francs. Le montant nominal de l'emprunt était de 5.500.000 francs; la différence entre cette somme et celle de 5.266.675 francs, effectivement touchée par la compagnie, étant retenue par le prêteur pour couvrir l'écart entre les intérêts annuels au taux de 4,25 p. 100, taux réel du prêt, et l'annuité garantie au taux de 4 p. 100. Quatre millions ont été absorbés par le remboursement, au pair, des anciens emprunts 5 p. 100, qui n'avaient produit que 3 millions; il n'est resté, par suite, que 1.266.675 francs disponibles pour l'exécution des travaux. Ainsi, en réalité, l'annuité garantie représente 6 p. 100 du capital de 4.266.675 provenant des emprunts, et réellement affecté à l'établissement du canal.

L'État doit donc compléter, chaque année, une annuité de 255.750 francs, et, jusqu'ici, le produit net venu en déduction des charges qu'il a assumées est extrêmement minime. Le canal est en eau depuis 1882, mais on ne dessert guère plus de 1.000 hectares, et les résultats de l'exploitation, pour les derniers exercices, donnent :

	1886	1887	1888
Recettes.	59.720	56.845	59.382
Dépenses.	56.765	54.789	36.362
Produit net.	2.955	2.056	23.020

Ce mécompte s'explique par deux circonstances : d'une part, le débit de la Bourne, à l'étiage, a beaucoup baissé dans ces dernières années; d'autre part, la perméabilité

du sol des canaux est telle, que la presque totalité de l'eau est absorbée avant de parvenir en tête des propriétés. Pour desservir les souscriptions actuellement recueillies, et pour pouvoir en recueillir encore, on a reconnu la nécessité d'exécuter des travaux d'étanchement et de dérivation de sources nouvelles, évalués à 1.150.000 francs, on espère, grâce à ces travaux, porter le débit à 4.000 ou 4.500 litres, qui pourront donner un revenu net de 140.000 francs.

La compagnie n'ayant aucune ressource pour exécuter ces travaux, il a bien fallu que l'État s'en chargeât, pour obtenir une recette qui vint en atténuation de la garantie. Une loi du 22 juillet 1887 a donné au Ministre de l'Agriculture l'autorisation nécessaire. Les travaux, exécutés à titre de subvention, n'augmenteront pas l'annuité garantie.

Ainsi, dans les hypothèses les plus optimistes, la garantie de l'État fonctionnera, chaque année, jusqu'à amortissement des emprunts, pour une somme de 115.000 francs. Le capital-actions est irrémédiablement perdu, et les actionnaires n'ont plus aujourd'hui aucune possibilité de tirer de l'affaire un revenu quelconque. Ils en gardent cependant la gestion, en sorte que le canal de la Bourne est exploité, au compte de l'État, par un conseil d'administration élu par les détenteurs des feuilles de papier, sans valeur, qui représentent l'ancien capital-actions.

Le canal de *Pierrelatte*, dérivé du Rhône dans le département de Vaucluse, et pour lequel une garantie d'intérêts a été votée en même temps que pour le canal de la Bourne, remonte à plus de deux siècles. Transmis de concessionnaire en concessionnaire, avec des vicissitudes diverses, il était passé aux mains d'un administrateur du Crédit rural, qui fut entraîné dans la ruine de cet établissement. C'est sous les auspices de la Banque de France,

principale créancière des intéressés, que s'est formée la société actuelle, qui a repris l'ancien canal pour en augmenter considérablement l'importance. La dotation devait être portée à 8.000 litres par seconde, et le périmètre arrosable à 20.000 hectares. Le taux des redevances était fixé à 50 ou 60 francs, pour un débit continu de 1 litre par seconde, suivant l'époque de la souscription. La dépense était évaluée à 8 millions, dont près d'un million pour l'acquisition de l'ancien canal. Il devait y être fait face au moyen d'une subvention de 2 millions donnée par l'État, et du capital-actions, fixé à 6 millions. L'État garantissait l'intérêt et l'amortissement, à 4,65 p. 100, des dépenses réelles faites dans les limites de ces 6 millions, sous condition, toutefois, qu'il serait préalablement justifié de la souscription de 3.200 litres. Les dépenses d'exploitation étant fixées à forfait à 15 francs par litre, ces 3.200 litres devaient donner un revenu net de 112.000 francs, et l'annuité à verser par l'État était explicitement limitée, par la convention, à 167.000 francs, représentant la différence entre l'intérêt garanti et cette recette, déjà acquise, de 112.000 francs.

La mise en eau du canal principal, en 1884, a commencé à faire courir la garantie; la dépense faite par la compagnie dépassant 6 millions, l'annuité de 167.000 fr. lui est entièrement due pour chaque exercice. Mais les canaux secondaires ne sont pas terminés, en sorte que, jusqu'ici, aucune recette n'est réalisée. La compagnie a perdu, en 1883, plus de 1.300.000 francs par la faillite de son banquier, qui était en même temps son principal actionnaire; de plus, le coût des travaux a dépassé les évaluations. Elle a dû, par suite, contracter un emprunt auprès du Crédit Foncier, pour payer les travaux qui restent à exécuter, travaux qui ont fait l'objet d'un marché à forfait avec la Société des Batignolles. Le service de cet emprunt absorbera la totalité de l'annuité de

167.000 francs due par l'État. Les actionnaires n'auront donc d'autre dividende que le produit des redevances payées pour les 3.200 premiers litres d'eau distribués. Le produit des eaux effectivement livrées, en sus de ces 3.200 litres, viendra en déduction de l'annuité à payer par l'État. Pour que ce produit atteigne le chiffre qui ferait cesser l'appel à la garantie, il faudrait que l'on eût placé 4.770 litres, c'est-à-dire, à 30 litres près, la totalité des eaux disponibles en sus des 3.200 premiers litres. Ainsi, une fois le service de ces 3.200 litres assuré, le développement des arrosages ne profitera qu'à l'État, et ne pourra, en aucun cas, dépasser le chiffre au delà duquel la compagnie, ne faisant plus appel à la garantie, bénéficierait de l'augmentation de la recette. La compagnie aurait, il est vrai, intérêt à ce que sa dette envers l'État, au bout des cinquante années formant la période de garantie, ne fût pas trop élevée, pour que le revenu devenu disponible par le remboursement du prêt fait par le Crédit Foncier pût l'éteindre, avant la fin de la concession. Mais c'est là une perspective trop lointaine, et d'une réalisation trop improbable, pour servir d'aiguillon au zèle de la compagnie. Il nous semble donc que l'État lui-même eût été intéressé à lui laisser, sur chaque litre souscrit en sus de 3.200, une somme dépassant un peu les frais d'exploitation, de manière qu'elle eût un intérêt certain et immédiat à provoquer l'extension des souscriptions.

L'entreprise du *dessèchement des marais de Fos et du colmatage de la Crau*, concédée par une loi du 9 août 1881, jouit d'une garantie d'intérêt dont les conditions sont réglées par une convention assez compliquée. L'opération agricole à exécuter comprenait : 1° le dessèchement des marais insalubres de Fos, d'une étendue de 4.500 hectares ; 2° la mise en valeur de 12.000 hectares, au moins, de terrains

dans la Crau ; ces terrains devaient être colmatés, pendant l'hiver, au moyen des eaux limoneuses de la Durance.

Le capital-actions, fixé à 6 millions, était affecté à l'achat des terrains. L'opération de mise en culture devait durer dix-huit ans. Chaque année, la compagnie devait émettre les obligations nécessaires pour couvrir : 1° les dépenses des travaux exécutés dans l'année précédente ; 2° l'intérêt à 4 p. 100 du prix d'achat des terrains. L'État garantissait l'intérêt à 4,65 p. 100, amortissement compris, pendant cinquante ans, des dépenses imputables sur le capital-obligations. Les avances de l'État étaient remboursables sur la vente des terrains. Le capital auquel s'appliquait la garantie pouvait atteindre 24 millions.

Financièrement, cette convention était inexécutable ; en effet, le capital-actions devant être entièrement absorbé par l'achat des terrains, il ne restait à la compagnie aucun moyen de constituer son fonds de roulement ; elle n'avait non plus aucun moyen de combler le déficit qui résulterait nécessairement de ce fait, qu'elle ne trouverait pas à placer ses obligations à un prix répondant au taux de 4,65, amortissement compris, et par suite ne pourrait pas gager, au moyen de l'annuité garantie, les émissions nécessaires pour payer ses dépenses.

Techniquement, on ne tarda pas à reconnaître que les limons de la Durance (dont le régime s'est sensiblement modifié dans ces dernières années), ne présentaient plus l'abondance et, surtout, les qualités fertilisantes sur lesquelles on avait compté. La construction du canal destiné à les amener dans la Crau aurait donc été une dépense inutile ; il fallut y renoncer, et d'autres procédés de mise en culture, basés sur la plantation de vignes, l'arrosage, et l'emploi des eaux d'égout des villes, furent mis à l'étude.

A ce double point de vue, une révision du contrat s'imposait, aussi bien dans l'intérêt de la compagnie, pour qui

l'insuffisance du taux de la garantie était une cause de ruine, que dans l'intérêt de l'État, dont la garantie pouvait se trouver engagée, jusqu'à concurrence d'annuités atteignant 1.116.000 francs, dans des opérations non rémunératrices.

Une convention nouvelle, approuvée par une loi de 1889, a séparé l'entreprise du dessèchement, qui est en bonne voie, de la mise en culture des terrains de la Crau. Cette dernière opération ne fera plus l'objet que d'une concession éventuelle. Provisoirement, le prix des terrains déjà acquis dans la Crau, qui atteint deux millions et demi, restera imputé sur le capital-actions, et les dépenses d'essais de mise en culture seront imputées sur le capital-obligations garanti, mais jusqu'à concurrence seulement d'un million au maximum, et sauf réimputation ultérieure si la concession pouvait être rendue définitive.

Pour le dessèchement des marais de Fos, les dépenses d'acquisition de terrains passées et futures, aussi bien que celles des travaux, seront désormais imputées sur le capital-obligations jouissant de la garantie, à l'exception toutefois des acquisitions qui seraient faites dans le bassin dit de l'Étourneau, où les travaux ne sont pas commencés. Pour ce bassin, d'une étendue de 1.350 hectares, la compagnie est seulement autorisée à prélever les sommes nécessaires à l'exécution du dessèchement sur les produits nets de son exploitation, avant de les affecter au service des emprunts garantis, et sans que les sommes ainsi prélevées puissent excéder 100.000 francs par an, ni 2 millions au total.

Les dépenses imputables sur le capital-obligations, faites antérieurement au 1^{er} janvier 1886, sont arrêtées par la convention à 4.976.496 francs, et le maximum des dépenses qui jouiront de la garantie est limité à 12 millions. La garantie continuera à s'appliquer, pendant cinquante ans à dater de l'émission, à l'intérêt et à l'amor-

tissement des obligations émises chaque année. Le taux en sera fixé, pour chaque émission, par le Ministre de l'Agriculture, d'après l'état du marché, sans pouvoir excéder le taux des prêts faits aux communes par le Crédit foncier. Pour assurer à la Compagnie les moyens d'emprunter à un taux avantageux, un article de la loi nouvelle donne aux prêteurs un privilège sur la garantie de l'État et les produits de l'exploitation.

Le capital-actions n'a plus à supporter, en sus des acquisitions de terrains dans la Crau, que les pertes faites, sur les émissions d'obligations et sur le service des intérêts, jusqu'en 1886 (un demi-million environ), et les dépenses non admises dans les comptes présentés pour les exercices déjà réglés (150.000 francs). Le surplus reste disponible, pour servir de fonds de roulement, et couvrir, à l'avenir, les dépenses qui ne seraient pas admises en compte. La convention nouvelle offre ainsi une certaine marge pour les mécomptes; on ne sera donc plus exposé à se trouver dans l'impossibilité de marcher, au premier fait sortant des prévisions. L'intérêt du capital-actions ne pourra plus, à l'avenir, être imputé sur le capital-obligations; les actionnaires n'auront un revenu, que quand le résultat des exploitations agricoles et des ventes de terrain aura permis à la compagnie de ne plus faire appel à la garantie de l'État.

Ce résultat pourra-t-il se produire un jour? Il est assez difficile de le dire. En tous cas, les avances de l'État, gagées sur la valeur des terrains, ne seront pas entièrement perdues. Dans quelle mesure seront-elles remboursées? La compagnie reste-t-elle intéressée effectivement au succès de son œuvre? Ce sont là des points qui auraient dû être éclaircis, avant l'approbation de la dernière convention, si c'était celle-ci qui eût dû engager l'affaire. Mais cette affaire était en train, et dans une voie où un désastre final était inévitable. La combinaison nouvelle

donne à la compagnie des chances d'éviter une ruine, qui eût été certaine avec la convention ancienne. D'un autre côté, elle a ramené de 1.116.000 francs à 600.000 francs environ, le maximum des charges de l'État, en consacrant l'abandon de la partie condamnée de l'entreprise. Elle a donc, sans aucun doute, amélioré la situation.

Le montant des dépenses faites au 31 décembre 1888, et devant donner lieu à garantie d'après la nouvelle convention, est de près de 6 millions. L'exploitation s'étend actuellement à 1.000 hectares environ dans les marais, et à quelques hectares seulement dans la Crau. Elle a donné, d'après les comptes présentés par la Compagnie et non encore vérifiés, les résultats ci-après :

	1887	1888
Recettes.	102.000	116.000
Dépenses d'exploitation.	35.000	68.000
Somme demandée pour la garantie .	104.000	144.006

Il y a lieu d'admettre que le montant de l'annuité à payer dans l'avenir, s'il n'atteint pas le maximum, s'en rapprochera sensiblement, puisqu'une somme importante pourra être prélevée sur la recette nette, en vue de faire face à des dépenses d'établissement.

Le département des Bouches-du-Rhône devait contribuer pour un quart au paiement de la garantie, si les 12.000 hectares de terrain avaient été achetés dans la Crau. C'est donc surtout lui qui profitera de l'abandon de cette partie de l'opération.

Le canal de Gignac (Hérault), destiné à l'irrigation et à la submersion des vignes, a été déclaré d'utilité publique par une loi du 1^{er} juillet 1882, et doit être exécuté par les intéressés, réunis en association syndicale. La dotation est de 3.500 litres, le périmètre arrosable de 4.000 hectares, et la dépense prévue de 4.200.000 francs au maximum. Dans les limites de ce maximum, l'État

alloue une subvention du tiers de la dépense, et garantit l'intérêt et l'amortissement, à 4,65 p. 100, des emprunts émis pour couvrir le surplus, à dater de la réalisation de chaque emprunt. La redevance est de 52',50 par hectare arrosé, sur lesquels 37',50 sont affectés au service de la dette et au remboursement de l'État. En cas de dépassement des dépenses prévues, un supplément de garantie ne pourrait être accordé que si des ressources correspondantes avaient été créées, par une augmentation des redevances. Mais l'État ne s'est pas réservé les moyens d'assurer l'achèvement de l'entreprise, en imposant cette augmentation.

Le commencement des travaux était subordonné à la réalisation de souscriptions pour 2.000 hectares, assurant une recette de 75.000 francs, indépendamment de la part des cotisations affectée aux frais d'entretien et d'exploitation. Ces souscriptions sont aujourd'hui signées ou garanties par les communes. La charge de l'État, pour la garantie, ne pourra donc dépasser, lorsque le canal sera construit, $2.800.000 \times 0,0465 - 75\ 000 = 55.200$ francs.

La garantie, portant sur le capital même des emprunts, ne pouvait être acquise que jusqu'à concurrence de 4,65 p. 100 du capital effectivement encaissé, sous déduction des frais d'émission s'il y avait lieu. Pour trouver l'argent à ce taux, on a dû combiner l'opération d'emprunt avec l'adjudication des travaux, en insérant dans le cahier des charges l'obligation, pour l'adjudicataire, de prendre au pair, en paiement des travaux, les obligations de 500 francs, rapportant 4 p. 100, émises par le syndicat, et en outre de prendre, au même taux, les obligations que ce syndicat devra émettre pour couvrir ses frais généraux. L'adjudication vient d'avoir lieu, sur une mise à prix de 4 millions pour les travaux, et a donné un rabais de 18 p. 100. On a donc trouvé là un moyen détourné de sortir des difficultés résultant de l'in-

suffisance du taux de la garantie. Mais il est évidemment fâcheux d'être obligé de recourir à une procédure aussi exceptionnelle.

De ce qui précède, il résulte que les charges à prévoir pour les prochains exercices, par le jeu des garanties d'intérêt allouées aux entreprises d'hydraulique agricole, atteindront vraisemblablement près d'un million, et que les trois concessions qui absorberont la presque totalité de cette somme ne paraissent pas pouvoir donner des recettes de nature à réduire notablement l'importance des avances annuelles de l'État.

RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

Nous avons fini de passer en revue les entreprises diverses auxquelles l'État a alloué des garanties d'intérêt, et nous pouvons maintenant nous faire une idée d'ensemble de l'importance des engagements résultant pour lui de ces garanties.

En ce qui concerne les grandes compagnies de chemins de fer, nous avons vu que la somme pour laquelle elles font appel à la garantie, pour l'exercice 1888, diminuée du remboursement opéré par la Compagnie P.-L.-M., s'élève à 52 millions. On peut espérer, sans doute, que le développement du trafic réduira ce chiffre d'année en année. Cependant, les augmentations que reçoit chaque année le capital à rémunérer, celles surtout qu'il recevra lors de la réunion des comptes d'exploitation partielle au compte de la garantie, ne permettent pas d'espérer une décroissance très prompte, et renvoient à un avenir assez lointain le remboursement des avances de l'État, pour la plupart des réseaux.

Les engagements déjà pris par l'État, en ce qui concerne les entreprises d'importance moindre, entraîneront très prochainement une dépense qui peut s'évaluer ainsi :

Chemins de fer algériens.	26 millions
Chemins de fer d'intérêt local et tramways. . .	3 —
Réseaux secondaires d'intérêt général. . .	6 —
Chemins de fer et Port dans les colonies. . .	3 —
Entreprises agricoles.	1 —
Total.	39 millions

Aux 3 millions de garanties allouées par l'État, pour les chemins d'intérêt local et les tramways, s'ajoute une dépense au moins égale, et souvent très supérieure, assumée par les départements, et qui va encore augmenter les

charges des contribuables. Pour toutes ces entreprises, il n'y a pas lieu de compter, au moins d'ici à très longtemps, sur un développement des recettes de nature à diminuer le montant annuel des appels faits au Trésor, et chaque année des conventions nouvelles viennent accroître l'importance des dettes ainsi contractées.

C'est donc par 80 ou 90 millions que se chiffreront, pendant de longues années, les sommes à déboursier annuellement pour les garanties d'intérêt, et, bien que ces allocations n'aient que le caractère d'avances, il serait très imprudent de faire actuellement état de leur remboursement. Il semble indispensable, dans cette situation, de les considérer comme une des charges normales du budget, et de les faire rentrer dans les crédits à couvrir au moyen des ressources ordinaires de chaque exercice. Depuis quelques années, on a fait de la garantie un des services spéciaux du Trésor, assuré au moyen de l'émission d'obligations à court terme; ce système pouvait se justifier, lorsqu'on avait lieu d'espérer, pour une partie des avances, un remboursement assez rapide pour constituer un actif sérieux, en regard des charges de ce service spécial. Continuer à l'appliquer dans la situation actuelle, ce serait en réalité fausser les budgets, en imputant sur fonds d'emprunt des dépenses qui ont malheureusement un caractère presque permanent, et dont le remboursement, très lointain dans tous les cas, est même absolument impossible pour une fraction fort importante. Des observations dans ce sens ont déjà été présentées par le rapporteur du budget des travaux publics pour l'exercice 1889. Il est très désirable que les pouvoirs publics comprennent bientôt la nécessité de renoncer à une pratique fondée sur des motifs qui ont cessé d'être en accord avec les faits.

Concluons-nous de ce qui précède que la garantie d'intérêts est une combinaison condamnée par l'expé-

rience, et que son emploi a été une erreur? Non sans doute. La garantie d'intérêts a donné les moyens de constituer notre réseau de chemins de fer, puis de l'étendre, dans des conditions en somme avantageuses; elle fournit souvent une solution très satisfaisante du problème de l'association de l'État et de l'industrie privée, pour l'exécution des travaux publics, en réunissant la solidité du crédit public avec l'esprit d'initiative et d'économie qu'on trouve surtout dans les entreprises particulières. Mais, pour que cette association procure réellement ces avantages, il est indispensable qu'elle conserve son caractère, et que le concessionnaire ne soit pas transformé en un simple régisseur pour le compte de l'État. Garantir un revenu à une compagnie ou à un syndicat, c'est l'exonérer de certains risques dans la réalisation de ce revenu; ce n'est pas, ce ne doit pas être, lui attribuer un revenu qu'il lui serait éternellement impossible de trouver dans les recettes de l'entreprise.

C'est ainsi que la garantie a été conçue vis-à-vis des grandes compagnies. La préoccupation des pouvoirs publics et de l'administration doit être, aujourd'hui, d'éviter que les suites de la crise commerciale et industrielle que nous venons de traverser, et qui semble à son terme, déjouent les prévisions, et enlèvent à ces compagnies tout espoir d'échapper un jour à la garantie. La situation d'aucune d'entre elles, à cet égard, n'est actuellement désespérée; mais celle de plusieurs pourrait le devenir, et c'est là un mal qu'il faut absolument prévenir. Nous l'avons déjà dit, fallût-il faire pour cela certains sacrifices, il y aurait encore avantage à se les imposer, afin d'éviter les déplorables résultats qu'entraînerait la négligence, engendrée par le découragement, dans des gestions dont le budget annuel se chiffre par plus d'un milliard.

Pour les petites compagnies, les conditions même des garanties allouées jusqu'ici sont malheureusement défectueuses : non seulement elles perpétueront les charges imposées à l'État, mais encore elles tendent à stériliser les sacrifices qu'il a consentis. Il faut au moins, à l'avenir, tâcher de profiter de l'expérience acquise, ne plus déguiser les subventions sous le nom de garantie, et instituer les concessions dans des conditions telles, que ce soit l'intérêt du concessionnaire de développer le trafic, comme c'est celui de l'État et du public. Si l'importance des sacrifices à faire, ainsi mise en évidence, empêche d'engager les entreprises trop peu productives, c'est là une conséquence que nous ne saurions considérer comme fâcheuse.

Et nous concluons par deux remarques de simple bon sens : la première, c'est qu'il n'y a aucun avantage à être garant d'une dette plutôt que débiteur principal, lorsqu'il est évident que le débiteur principal n'est pas en état de payer; la seconde, c'est que, quand on prend un associé en le chargeant de la gérance de l'affaire commune, il importe moins de réduire la part de cet associé dans les bénéfices, que de l'intéresser à faire prospérer l'entreprise.

Paris, 12 août 1889.

TABLE DES MATIÈRES.

	Pages
<u>CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES</u>	<u>209</u>
Motifs qui justifient les garanties d'intérêts.	212
Dangers que présentent les garanties complètes.	217
<u>LE JEU DE LA GARANTIE D'INTÉRÊTS A L'ÉGARD DES GRANDES COMPAGNIES</u>	
<u>DE CHEMINS DE FER</u>	<u>221</u>
Caractères généraux des conventions de 1859.	221
Conventions de 1883.	233
Situation actuelle et charges futures de la garantie.	242
a) Nord.	245
b) Paris-Lyon-Méditerranée	247
c) Est.	255
d) Ouest.	258
e) Orléans	261
f) Midi.	264
Degré de probabilité du remboursement des avances de l'État, pour les quatre dernières compagnies, et du partage des bénéfices, pour les deux premières.	267
Conséquences des observations qui précèdent.	279
<u>LE JEU DE LA GARANTIE D'INTÉRÊTS A L'ÉGARD DES COMPAGNIES SECONDAIRES.</u>	<u>287</u>
1° <i>Compagnies de chemins de fer et de tramways.</i>	<i>287</i>
Des garanties d'intérêts basées sur des forfaits	287
a) Du taux de la garantie et des émissions d'obligations.	290
b) Du forfait pour les dépenses de construction.	295
c) Du forfait pour les dépenses d'exploitation.	298
d) Conséquences des observations qui précèdent	306
Situation actuelle et charges futures de la garantie pour les réseaux algériens.	315
a) Bône à Guelma et prolongements	315
b) Est-Algérien.	319
c) Ouest-Algérien.	321
d) Compagnie Franco-Algérienne.	323
e) Résumé.	327
Garantie d'intérêts pour les chemins de fer d'intérêt local et les tramways.	328
a) Sociétés des chemins de fer économiques et des chemins de fer départementaux.	331
b) Concessions faites par les départements avec des sub- ventions en capital.	336
c) Autres concessions.	343
d) Résumé.	349

	Pages
Garantie d'intérêts pour les réseaux secondaires d'intérêt général, en France	356
Garantie d'intérêts pour les chemins de fer coloniaux et le port de la Réunion	364
2 ^e <i>Entreprises agricoles</i>	369
De l'application de la garantie d'intérêts aux entreprises agricoles, et notamment à celles des associations syndicales . . .	369
a) Emprunts et taux de la garantie	374
b) Dépenses d'établissement	380
c) Frais d'administration et d'entretien.	384
Situation actuelle des garanties accordées à des entreprises agricoles.	387
RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS	399

NOTE

A la suite de la publication de la première édition du mémoire de M. Colson, la note suivante, qu'il paraît nécessaire de reproduire ici, a été insérée dans les *Annales des ponts et chaussées* (cahier de février 1889, p. 407) :

« Quelques lecteurs ont pu croire, d'après un récent mémoire de M. Colson, « maître des requêtes au Conseil d'État, sur la *Garantie d'intérêts* (cahier « de décembre 1888) qu'une modification s'était produite dans les idées de « l'Administration centrale sur le rétablissement des droits de navigation. Ce « serait une conclusion très inexacte : l'Administration a, en effet, affirmé à « plusieurs reprises devant la Chambre des députés, dans les sessions de « 1887 et 1888, que ces droits ne devaient pas être rétablis. M. Colson n'a « fait qu'exprimer dans ce passage une opinion toute personnelle.

« On ne doit pas oublier que la Commission des *Annales* laisse aux auteurs la libre expression de leur pensée, sans en prendre la responsabilité, « surtout lorsque les idées émises sembleraient indiquer un changement de « doctrine de l'Administration supérieure.

« Cette remarque s'applique notamment aux appréciations critiques que « M. Colson exprime dans son mémoire au sujet de l'application de la loi du « 11 juin 1880. »

DISCOURS
PRONONCÉ AUX FUNÉRAILLES
DE M. ED. FUCHS
INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES,

le 9 septembre 1889

Par M. HATON DE LA GOUPILLIÈRE, inspecteur général,
Directeur de l'École supérieure des mines.

Messieurs,

Un grand malheur nous rassemble, et nos âmes sont pleines de tristesse. L'École des Mines perd un professeur d'un rare mérite, et l'un des plus aimés ; une famille touchante se voit enlever son chef dans des conditions navrantes ; chacun de nous vient dire un dernier adieu à l'ami au cœur chaud, avec lequel les relations étaient charmantes, et dont le caractère inspirait l'estime et l'affection.

Philippe-Jacques-Edmond Fuchs est né à Strasbourg, le 1^{er} août 1837. L'École Polytechnique lui a ouvert ses portes en 1856, et l'École des Mines le 1^{er} novembre 1858. Dès son début, il fut remarqué comme un ingénieur d'un grand avenir.

En 1862, presque au moment où il cessait d'être élève, il rentrait comme professeur de géométrie descriptive dans cette École des mines qu'il ne devait plus quitter. De ce moment jusqu'à 1883, il y a été chargé également des leçons de topographie. En 1879, il prit place parmi

les professeurs des cours spéciaux. En vue d'utiliser sa science profonde, le Conseil de l'École avait pris auprès de M. le ministre des travaux publics l'initiative de la transformation du cours d'agriculture, qui est devenu entre les mains de Fuchs le cours de géologie appliquée. Cet enseignement a donc été créé par lui, honneur qui est dévolu à bien peu de professeurs. Il a en même temps entrepris, à l'appui de ses leçons, de doter l'École d'une collection des gîtes minéraux, qui constitue pour ses galeries une richesse nouvelle.

Notre camarade présentait pour ce nouveau poste des qualités exceptionnelles. Son ardeur infatigable, son tempérament de fer l'ont en effet, pendant toute sa vie, porté à entreprendre des voyages dont le nombre et l'étendue effraient l'imagination : en Suède, en Russie, en Galicie, en Tunisie, au Colorado, dans la Sonora, au Tonkin. Je ne cite que les principaux ; et pour un certain nombre de ces contrées lointaines, il y est retourné à plusieurs reprises. Son étonnante pénétration, sa rapidité de conception lui avaient formé un coup d'œil habile à démêler les conditions si multiples, et parfois si obscures, qui caractérisent les gisements minéraux exploitables, tout comme l'allure des grandes masses de l'écorce terrestre. Fidèle à l'habitude de prendre des notes journalières, il avait ainsi accumulé une énorme quantité de matériaux.

La nouveauté, la grande valeur d'un tel enseignement étaient bien faites pour exciter l'intérêt, et je ne laissais pas de repos à son auteur pour obtenir qu'il publiât enfin ce cours, fruit de tant d'efforts. Hélas ! le tourbillon de ses occupations l'a toujours absorbé. Il emporte dans la tombe son érudition. Messieurs, c'est un deuil pour la science !

Les honneurs n'avaient pas trahi son mérite. Le 16 juillet 1881, il était nommé ingénieur en chef des mines, et le 1^{er} juillet 1885, ingénieur en chef de pre-

mière classe. En dehors de l'École, il a joué un rôle important dans le service de la carte géologique détaillée de la France, l'un des plus considérables du Corps des mines. De son côté, M. le ministre des colonies se l'était attaché avec le titre d'ingénieur conseil des mines des pays de protectorat.

Une distinction exceptionnelle lui a encore été décernée. Nommé chevalier de la Légion d'honneur en 1867 pour son utile participation à l'organisation de l'Exposition universelle de cette même année sous les ordres de Le Play, il reçut en 1870 la croix d'officier pour faits de guerre, comme s'étant distingué par son courage et son sang-froid à la bataille du Mans, en qualité de chef du génie auxiliaire du seizième corps commandé par l'amiral Jauréguiberry. En cherchant dans mes souvenirs, je ne retrouve pas pour le Corps des mines d'autre exemple d'une aussi jeune croix d'officier. Il n'avait alors que trente-trois ans.

Plus tard encore, il a refait connaissance avec le feu de l'ennemi, et il a essuyé, sous les murs d'Hanoi, la fusillade des Chinois. Mais ce n'étaient pas les balles des pirates qui devaient l'atteindre dans ce pays d'où il a rapporté la mort. Epargné par le climat lors de ce premier voyage, auquel est due la découverte d'une partie des richesses minérales du Tonkin, il devait plus tard contracter dans les eaux malsaines de ses rizières, mises en contact avec une blessure de la jambe, une sorte d'empoisonnement du sang, sous l'influence duquel nous l'avons vu lentement décliner, jusqu'à la catastrophe soudaine qui nous l'enlève aujourd'hui.

Dans le cours d'une carrière aussi militante, sa plume ne restait pas inactive. Son premier travail sur le gîte de Stassfurt avait été de suite remarqué et inséré dans les *Annales des mines*. Ce recueil, ainsi que le *Bulletin de la Société géologique* et celui de la *Société de géogra-*

phie contiennent un grand nombre de ses mémoires. On peut voir à l'Exposition universelle, à côté de la belle carte des gîtes minéraux de la France qui a été établie sous sa direction, une bibliothèque dans laquelle un gros volume est formé par la réunion d'une partie seulement de ses brochures, celles qui n'étaient pas épuisées, et deux autres renferment un traité sur l'or, entrepris par lui en collaboration avec le compagnon de ses travaux, M. Cumenge.

Peu de personnes savent peut-être qu'écrivain scientifique et technique aussi distingué, Edmond Fuchs était en même temps un poète charmant. Il réservait pour un cercle intime d'excellentes productions, pleines de fraîcheur et de jeunesse. De jeunesse, ja le dis à dessein. Tout en mûrissant son caractère au contact des événements et des difficultés de ce monde, il a eu le don précieux de rester toujours jeune, plein d'animation et de vie. Il meurt à vingt ans !

La littérature et la science n'étaient pas ses seules amies. La musique le passionnait. Messieurs, nous savons tous quelle rare fortune lui était échue, en trouvant à son foyer le plus beau talent musical. Aujourd'hui la lyre est à terre ! Elle a du moins embelli, reposé, fécondé la forte existence qui venait se retremper à ses accents. Si je touche avec respect à cette pensée, qu'il me soit permis d'ajouter que le charme de l'art a été pourtant le moindre côté du bonheur profond dont une femme si distinguée a entouré celui qui lui est arraché !

Messieurs, que vous dirais-je encore ? Je vous ai parlé avec simplicité d'un homme pour lequel j'avais beaucoup d'estime et une grande affection. Vos cœurs vous en disent plus que mes paroles. Remettons avec confiance à Dieu, qu'elle a aimé et servi avec conviction, cette âme qui vient de retourner à son Créateur !

NOTE

SUR

QUELQUES DETAILS DE PLANS INCLINÉS AUTOMOTEURS

Par M. VILLOT, inspecteur général des mines.

Un accident (rupture de câble) survenu récemment dans une exploitation de mine et dont les suites ont été heureusement peu graves, par suite d'une circonstance fortuite, a donné lieu d'examiner dans le détail le câble et aussi le frein qui, placé au sommet du plan incliné automoteur, était destiné à modérer la vitesse et au besoin à arrêter le mouvement à un moment quelconque de la descente dans le cas de rupture du câble. Diverses dispositions ont paru pouvoir influencer d'une manière fâcheuse soit sur la durée de ce câble, soit sur la certitude de l'arrêt en cas de rupture. Ces points touchant à la sécurité de l'exploitation, on a pensé qu'il y avait quelque intérêt à y appeler un moment l'attention. La question semble d'ailleurs à l'ordre du jour : dans sa séance du 4 mai 1889, à Saint-Étienne, la Société de l'Industrie minière a entendu diverses communications sur les câbles en acier pour plans inclinés et sur les freins en usage en tête de ces plans.

Avant d'entrer dans l'examen des détails auxquels il vient d'être fait allusion, quelques réflexions sur le système du frein en lui-même ne seront pas déplacées.

Il s'agit d'un frein *d vis* dans lequel l'action retardatrice est produite par la pression d'un sabot en bois ou d'une bande de fer sur une jante. On sait qu'une circulaire récente (25 avril 1887) a prescrit le remplacement des freins à action directe par des freins à contre-poids normalement serré. Les freins à vis tels qu'on les rencontre dans les mines sont des freins à action directe, mais les dangers que peut présenter l'action directe s'exerçant par une vis sont loin d'être comparables à ceux qui peuvent résulter de l'action directe d'un contre-poids. D'autre part l'exploitant, dans bien des cas (exiguïté de l'emplacement, obligation de fréquents déplacements de la tête du plan, etc...) peut trouver dans l'emploi d'un frein à vis, de sérieux avantages. De là ce fait que l'Administration supérieure a déjà autorisé et autorisera certainement encore, après examen de chaque cas particulier, des dérogations aux dispositions impératives de sa circulaire précitée. Les freins à vis, je le pense, au moins, ne sont donc pas pour disparaître des mines. C'est sous le bénéfice des observations précédentes que j'entre en matière.

Les dimensions essentielles du plan étaient les suivantes : longueur, 57 mètres ; inclinaison moyenne, 28 degrés ; inclinaison au milieu, 30 degrés. On était assez gêné par l'espace restreint dont on pouvait disposer, aussi le plan avait trois rails en haut, quatre au milieu pour le croisement et deux en bas, le tout selon la disposition connue. Pour la même raison sans doute, on avait adopté comme frein un appareil avec poulie à gorge profonde et étroite dont je donne le dessin *fig. 1* et 2, Pl. X, et qui tient fort peu de place, comme on le voit, tant en hauteur qu'en largeur, puisque, non compris les sommiers sur lesquels il repose, il tiendrait dans une caisse de 0^m,55 de largeur et de 0^m,31 de hauteur dans œuvre. Ce qui frappe tout d'abord dans cet appareil, c'est le dia-

mètre extrêmement réduit de la poulie antérieure (0,25), celui plus petit encore (0,15) de deux galets situés de chaque côté de l'engin et sur lesquels le câble s'enroule de 30 degrés de part et d'autre, enfin le fait que le câble ne faisait que deux demi-tours sur la grande poulie et un demi-tour sur la petite.

Le câble était en acier de 0^m,011 de diamètre, il était formé de 6 torons avec âme en chanvre de 5 fils chacun; le fil est du n° 8, ayant par suite 1^{mm},3 de diamètre, et le câble a lui-même une âme en chanvre. Le fabricant avait garanti une résistance à la rupture de 120 kilogrammes par millimètre carré; j'ignore quelles autres conditions au point de vue de la ductilité l'on avait pu exiger et si même on en avait imposé. Le câble travaillait au 1/10 de sa charge de rupture.

Voici maintenant les faits qui ont été constatés :

En moins de huit mois un câble neuf a été complètement à bout (*), particulièrement en son milieu, sur une douzaine de mètres de longueur; il s'est rompu en service dans le brin descendant, et tout près de la poulie de tête; les fils superficiels présentent non seulement des usures très visibles avec des méplats atteignant parfois la moitié de l'épaisseur, mais des ruptures de fils tellement nombreuses qu'il est impossible de trouver sur cette longueur de 12 mètres, 5 centimètres de longueur sans un fil rompu.

Au premier abord il a paru évident que cette mise hors de service si rapide ne pouvait être attribuée qu'à la faiblesse des diamètres des poulies. L'examen attentif des choses corrobore cette opinion.

L'usage des câbles en fils d'acier est, comme on le sait, assez récent dans les mines françaises. On peut

(*) Il est même très probable que deux câbles au lieu d'un seul ont été mis hors d'usage dans ce laps de temps.

suivre dans les ouvrages didactiques ou dans les mémoires spéciaux, la marche progressive non seulement de l'emploi des fils d'acier, mais aussi des progrès dans la fabrication qui justifiaient cette extension. Callon, en 1874, dans son *Traité d'exploitation*, en parle à peine, et comme d'un sujet sur lequel il n'a point à donner d'avis. Dans le rapport si complet de la Commission des câbles (*Annales des mines*, 6^e livraison de 1881) M. Aguilon, après avoir fait ressortir combien l'Allemagne et l'Angleterre nous ont devancés dans l'emploi de l'acier, formule les conditions qu'il convient d'imposer aux fils. Parmi ces conditions on voit que, au point de vue de la résistance à la rupture, on considère 120 kilogrammes comme un bon chiffre bien courant. 130 kilogrammes semble un maximum qu'on ne veut pas dépasser. C'est à ce chiffre de 120 kilogrammes que M. Sault (*Bulletin de l'Industrie minière*, tome XI, p. 1035) déclare, en 1882, que dans les mines du Nord, du Pas-de-Calais et de la Belgique, on croit devoir s'arrêter, sacrifiant un surcroît de résistance possible à la flexibilité, à la ductilité. Quand M. Haton de la Goupillière publie son *Traité* (2^e vol., 1885), la confiance a fait un pas décisif; il déclare que l'avenir est à l'acier, mais la caractéristique de son emploi, dit-il, est le grand diamètre de l'enroulement. A ce moment c'est une question de sécurité dont on ne saurait s'affranchir; on aura pour les câbles d'extraction des molettes de 4 mètres, de 6 mètres même de diamètre. En général, pour les câbles d'extraction proprement dits, on pose le coefficient 2.000 à 2.100 fois le diamètre du fil élémentaire. Quatre ans plus tard nous voyons (*Comptes rendus mensuels de l'Industrie minière*, 4 mai 1889. Réunion de Saint-Étienne) qu'on paraît se trouver très bien maintenant de fils ayant, selon les diamètres, 130 à 170 kilogrammes de résistance à la rupture; nous voyons aussi que des câbles de 9 à 10 millimètres de diamètre

en fils n° 5, lesquels ne peuvent avoir plus de 0^{mm},8 ou 0^{mm},9, s'enroulent sur des bobines de 1 mètre de diamètre. Étant donné un misage plus souple, pratiqué pour les câbles de plans inclinés intérieurs, le diamètre de la bobine comparé à celui du fil n'a encore ici rien d'extraordinairement petit, bien que le rapport 2.000 de tout à l'heure tombe à 1.000. Mais on va beaucoup plus loin : il résulte en effet de renseignements qu'a bien voulu me fournir M. H. Voisin, ingénieur en chef de Roche-la-Molière et Firminy, que l'on n'hésite pas, dans sa compagnie, à employer des fils d'acier de 2 millimètres de diamètre (n° 13) dans la constitution de câbles ronds pour plans inclinés intérieurs avec poulie de 0^m,50 de diamètre; cela fait tomber à 250 le coefficient 2.000. Si hasardeux que cela puisse paraître au premier abord, que dire contre les résultats d'une expérience, si elle a lieu depuis un temps suffisamment prolongé? Là est la question.

Je remarque d'ailleurs que les conditions de réception imposées ne paraissent pas croître en difficulté à mesure qu'on se donne plus de latitude quant aux diamètres d'enroulement. Le contraire se comprendrait, mais enfin c'est un fait à constater. C'est ainsi que, si on demande aujourd'hui à Firminy 30 pliages alternatifs de 180 degrés chacun à un fil de 2 millimètres de diamètre avant rupture, tandis que, à Sarrebrück, on imposait en 1881 9 pliages complets seulement, soit 18 alternatifs à un fil sensiblement le même (diamètre : 2^{mm},2. Aguillon, *loc. cit.*, p. 447), on remarque que les pliages, à Sarrebrück, se font sur un congé de 5 millimètres de rayon, tandis qu'à Firminy on plie les fils sur un congé de rayon double (10 millimètres). Il y a là une compensation sérieuse. La fabrication est meilleure et l'on se montre plus hardi, voilà tout. Et parfois, quand cette hardiesse s'applique aux diamètres d'enroulement, cela peut être

très utile, si l'on est gêné par l'espace, à l'installation d'un plan incliné.

Mais cela concédé, ne doit-on pas penser que descendre à des diamètres de 0,25 pour des fils de 1^{mm},3 comme dans l'exemple que j'ai cité, c'est vraiment dépasser ce qui est pour le moment permis et même probablement le sera jamais. Si l'on hésitait à cet égard, les détails que j'ai donnés plus haut assoieraient sans doute la conviction.

Le diamètre du fil élémentaire est un point qui ne manque pas d'intérêt. Un fil relativement gros (2 millimètres, par exemple), un peu moins résistant à la rupture, quand il est neuf, ne tarde pas à perdre cette infériorité à cause de l'usure qui reste la même pour des fils plus petits. Pour cette raison, on écarte systématiquement à Firminy, et avec raison, je crois, les fils au-dessous de 2 millimètres de diamètre. Il est évident que plus les dispositions des engins auront lieu de faire craindre cette usure, plus cette considération s'imposera. Des spires chevauchant l'une sur l'autre ou s'accolant dans une gorge rectangulaire sont évidemment favorables à une rapide détérioration. On a quelque droit, par exemple, de se demander si dans les cas désignés par M. Guilhaumat (*Compte rendu de l'Industrie minérale* déjà cité) les exemples qu'il indique de câbles ayant duré à peine quelques semaines et dont il attribue, il est vrai, la mise hors d'usage à un défaut d'homogénéité et de trempe, n'ont pas eu pour cause, partielle au moins, de leur rapide destruction le fait d'usure, lorsqu'on remarque que le fil élémentaire était du n° 5, c'est-à-dire devait avoir 0^{mm},8 à 0^{mm},9 seulement.

Une autre considération peut être mise en lumière dans l'engin dont je m'occupe. J'ai dit que le câble faisait seulement deux tours sur la poulie de 0,50 et un sur celle de 0,25. J'ai dit aussi qu'il s'était rompu très près

de la poulie de retour dans le brin descendant. Or, le frein a non seulement pour objet de modérer et de régler la vitesse de parcours des bennes sur le plan incliné, mais il doit arrêter aussi le mouvement en cas de rupture d'un des brins. L'adhérence du câble sur la gorge de la poulie, jointe à un serrage aussi prompt que possible, est le facteur de cet arrêt. L'adhérence est, on le sait, obtenue soit par un nombre suffisant de tours dans le cas des poulies conjuguées à gorge ordinaire (demi-tore), soit par une disposition spéciale (poulie Fowler) qui serre le câble avec une intensité proportionnelle à la tension, soit enfin par une gorge de poulie étroite plus ou moins profonde qui permet au câble de se coïncer en raison également de sa tension (type Champigny). On peut même combiner les effets de la grandeur de l'angle d'enroulement et du coïncement : c'est l'idée qui paraît s'être traduite dans l'appareil dont j'ai reproduit le dessin. Ces dispositions diverses, qui pour le service courant ne paraissent pas, sauf l'usure sur laquelle je reviendrai plus bas, offrir de grandes différences entre elles, ne sont pas indifférentes au point de vue des éventualités à courir dans tous les cas qui peuvent se présenter.

Concevons, par exemple, qu'une rupture vienne à se produire au voisinage du haut du plan, près de la poulie, et comme cas limite au contact même de cette dernière. Si attentif que soit le serre-frein, une petite hésitation peut se produire, et l'on conçoit qu'un certain temps très court puisse s'écouler avant le serrage à fond dans un appareil tel que celui qui est représenté. Si la vitesse est assez grande à ce moment, un demi-tour de poulie, surtout si elle est de faible diamètre, pourra se faire en une très petite fraction de seconde. Les tenailles Fowler et surtout le coïncement en une gorge *ad hoc* pourront être alors impuissants à arrêter le brin resté sur la poulie. Cela sera plus à craindre, toutes choses

égales d'ailleurs, si le brin resté sur la poulie est le brin descendant, et si la rupture se produit au moment où la vitesse est maxima, ce qui correspond au milieu de la course, quand les deux bennes sont voisines l'une de l'autre. Dans le cas où l'on s'est uniquement adressé à l'amplitude de l'angle d'enroulement pour réaliser une suffisante adhérence, il est clair qu'on n'aura point à beaucoup près à redouter, même dans le cas-limite, la chute du brin et les graves conséquences qui peuvent en résulter.

Mais y a-t-il quelques raisons pour que le cas-limite que je viens d'envisager se produise? A cette demande, on doit répondre que dans le cas des plans disposés comme celui dont il est ici question, c'est-à-dire avec seulement deux rails en bas, trois en haut et quatre pour le croisement, il y en a au moins une sérieuse. Le fait qui s'est réalisé n'est pas purement fortuit. En effet, au moment où les bennes arrivent au croisement elles atteignent en même temps, l'une la pointe du croisement en haut, l'autre la pointe en bas, la montante trouve l'aiguille faite pour une voie et la descendante la refait pour l'autre. Il y a là à ce moment de la manœuvre forcément des chocs, comme en tout point singulier d'une voie ferrée, et leurs effets ajoutent momentanément une fatigue à celle qui résulte de la tension normale. De plus, ne doit-on pas admettre que cette fatigue se reporte à chaque fois, non seulement sur la partie du câble qui avoisine la benne, ce qui est un fait bien connu et qui se traduit par le coupage à la patte, mais aussi sur la partie qui est, en ce moment, soumises aux efforts normaux les plus grands. Ce serait pour cette partie que l'effort supplémentaire serait, à la longue, le plus funeste. Or, à ce moment de la manœuvre, c'est toujours la partie du milieu du câble qui est sur les poulies. C'est donc elle qui, à la longue serait la plus détériorée. Et ainsi s'ex-

pliquerait d'une manière très simple ce fait constaté d'une manière saisissante de netteté sur le câble examiné, que sur unedouzaine de mètres en son milieu, le câble ne présentait pas 5 centimètres de longueur sans qu'on n'y pût constater au moins une rupture de fils. Il ne faut pas s'étonner si cette constatation n'est pas d'un ordre courant : on ne rencontre pas souvent, fort heureusement, des exploitations où l'on accepte systématiquement de ne changer un câble que quand il casse; cette pratique a eu au moins cet avantage de pousser à outrance une expérience et de révéler d'une manière frappante un fait que des changements plus fréquents, commandés par la prudence, ne permettaient pas de saisir avec ce degré d'évidence. On peut aussi remarquer que le milieu est la partie qui frotte le plus à terre, si les rouleaux ne sont pas bien entretenus. Quoi qu'il en soit, ce milieu du câble, dans la disposition qui nous occupe, est donc une région à surveiller plus spécialement, et comme les chocs aux croisements ont lieu quand il est sur les poulies, qu'à ce moment la vitesse est maxima, il y a des raisons de craindre que la rupture en marche se produise au voisinage du frein, partant que le fait du coïncement du câble dans une gorge *ad hoc*, pour peu qu'un très petit retard se produise dans le serrage à fond, soit insuffisant pour le maintien de l'autre brin sur la voie qu'il parcourt.

J'ai dit plus haut que le cas des poulies à gorge étroite et profonde serait aussi à considérer au point de vue de l'usure rapide du câble. La chose se conçoit d'elle-même : sous l'action de la tension des brins le câble s'enfonce plus ou moins ; lorsqu'il quitte la gorge il en est sorti progressivement et n'a pu le faire qu'en subissant un frottement et, par suite, une usure correspondante (*). J'ai sous les yeux une longueur de 20 centimè-

(*) A la page 28 du compte rendu de la réunion du 21 décem-

tres du câble employé dans l'appareil qui me suggère ces réflexions; cette longueur a été coupée dans la partie de fatigue maxima dont j'ai parlé plus haut (le milieu). On remarque que les ruptures de fil si nombreuses que j'ai mentionnées au début de cette note se localisent entièrement sur une demi-circonférence de la section; cette demi-circonférence doit être ou la demi-section intérieure ou la demie extérieure; je n'aperçois pas de bonne raison pour me prononcer pour l'une plutôt que pour l'autre. En tout cas le fait est frappant: la partie relativement indemne décrit, paraît-il, une spirale très allongée le long du câble, et M. le garde-mines qui me transmet ce détail, l'attribue avec vraisemblance à la torsion que subit le câble, par suite de ce fait que la petite

bre 1879, de la Société de l'industrie minérale (District du sud-ouest), on trouve dans une communication de M. de Champigny, une note qui mérite quelques courtes observations.

L'auteur pose la formule $\frac{T}{t} = e^{\frac{f}{\sin \delta}}$ et pense en déduire que pour une valeur appropriée de l'angle δ le rapport $\frac{T}{t}$ qui exprime le degré d'adhérence peut être aussi grand qu'on le veut. En se reportant à la fig. 5, Pl. II, annexée au *Compte rendu*, et en dehors de l'erreur matérielle sans importance consistant à appeler 2α ce qui est 2δ , on voit que l'auteur croit légitime de substituer à f , dans la formule connue $\frac{T}{t} = e^f$, la fraction $\frac{f}{\sin \delta}$. Il semble qu'il y ait là une erreur. Le coefficient de frottement, rapport de la force de frottement à la pression normale, reste toujours f , mais la pression normale, et par suite le frottement lui-même, est diminué dans le rapport de 1 à $\sin \delta$; si bien que si δ devenait zéro, c'est-à-dire si les deux joues de la gorge devenaient parallèles et tangentes au câble, le frottement, au lieu d'être multiplié par $\frac{1}{\sin \delta}$, c'est-à-dire infini, serait multiplié par $\sin \delta$, c'est-à-dire théoriquement nul. Quand il y a coïncement, l'action du coefficient f se complique d'une résistance spéciale qui met en jeu la déformation des corps et qui est la vraie raison de la grande adhérence des poulies de ce type.

poulie, très rapprochée de la grande, est nécessairement dans un plan faisant avec celle-ci un angle d'autant plus sensible que les axes de rotation sont plus rapprochés (0,73 d'axe en axe).

Les faits qui viennent d'être exposés portent avec eux leur enseignement. Suivant la disposition des lieux ou des engins, dans chaque cas particulier, on pourra en tenir compte. On les résumerait comme suit :

1° Au point de vue de la durée des câbles en acier pour plans inclinés, en l'état actuel des choses, on devrait considérer comme prudent de ne pas descendre au-dessous de 1 mètre d'enroulement pour des fils élémentaires de 1 millimètre à 1^{mm},3 de diamètre, avec des augmentations progressives pour des diamètres plus forts ;

2° Il est certainement très imprudent de descendre, même pour les fils les plus fins, au-dessous de 0^m,50 d'enroulement ;

3° Toutes choses égales d'ailleurs, les poulies à gorge étroite, où le câble se coince pour réaliser une grande adhérence, doivent activer l'usure d'une manière sensible ;

4° Il y a intérêt à éviter sur les voies parcourues par les bennes, les points singuliers des voies qui amènent nécessairement des chocs périodiques, surtout quand la disposition des choses sera telle que ces chocs se produiront au moment où une même portion du câble, généralement le milieu, subira la fatigue de l'enroulement ; cette considération sera d'autant plus sérieuse que la vitesse du mouvement sera plus grande, et l'on devra, si la situation des travaux implique logiquement le plan incliné réduit avec croisement au milieu, surveiller particulièrement ce milieu du câble ou s'arranger pour le déplacer fréquemment sur la poulie travaillante ;

5° Au point de vue de la certitude de l'arrêt dans l'éventualité d'une rupture, les freins qui réalisent l'adhérence sur des gorges en demi-tore, par un nombre suffisant d'enroulements, offrent plus de sécurité que les engins à grande adhérence où l'enroulement n'est que de trois, ou à plus forte raison, que de une demi-circonférence.

NOTE

SUR LA

PROPAGATION LATÉRALE DES MOUVEMENTS D'EFFONDREMENT DANS LES MINES

Par M. VILLOT, inspecteur général des mines.

Dans une note insérée à la 6^e livraison des *Annales des mines* pour l'année 1888, M. Primat, ingénieur des mines à Saint-Étienne, a fait connaître les phénomènes qui ont accompagné la chute brusque d'une partie du toit de la couche des Littes dans la concession de Montrambert, le 13 janvier 1888. Ils ont été caractérisés par la sourde détonation entendue en même temps dans la mine et à l'extérieur, les secousses ondulatoires qui la suivirent immédiatement et qui se produisirent en des points éloignés jusqu'à 2.500 mètres de l'éboulement, faisant croire à un tremblement de terre. La conclusion, ayant un véritable intérêt scientifique, qu'on en déduit, c'est qu'il n'est pas nécessaire, quand de véritables tremblements de terre ont lieu, de supposer le siège initial des mouvements superficiels constatés, très étendu, ni très éloigné de la surface. Dans l'espèce, M. Primat fait voir que la chute du toit de la couche des Littes s'est faite sur une surface d'un demi-hectare au plus, que son amplitude maxima en verticale paraît avoir été de 50 à

60 centimètres, que le mouvement ondulatoire, perçu à des distances variables, a été sensible jusqu'à 2.500 mètres du centre de l'éboulement. Si l'on compare la surface du sol sur laquelle le mouvement s'est propagé à celle de la partie centrale qui l'a déterminé, on trouve qu'elles sont dans le rapport de 720 à 1. On doit noter encore deux choses dont la raison se voit de suite : la première, c'est que les mouvements n'ont pas dépassé de beaucoup la vallée de l'Ondaine qui marque, au sud, une ligne parallèle à l'affleurement du terrain houiller recouvrant les gneiss sous-jacents ; la seconde, que la propagation s'est arrêtée vers le nord beaucoup plus près du centre de l'éboulement qu'à l'ouest et à l'est. Si l'on remarque, dans la coupe donnée par l'auteur, la présence d'une faille (faille Barlet) qui semble parallèle à l'affleurement du terrain houiller, et dans la direction de la vallée de l'Ondaine d'une part, si, d'autre part, on observe que la masse minérale qui a reçu l'onde initiale va en s'élevant vers le nord, où elle a, à la Grande-Pinatelle, une épaisseur beaucoup plus grande que dans la région correspondante de la vallée, on se rendra de suite bien compte des deux observations ci-dessus.

Je retrouve dans mes souvenirs un fait qui, sauf des variantes secondaires, rappelle tellement le précédent, qu'il y aura peut-être intérêt à lui consacrer quelques lignes.

Depuis qu'on exploite le bassin de Fuveau la couche dite Grande-Mine, de 2 mètres environ d'épaisseur moyenne, a toujours été exploitée par chantiers de 10 mètres de largeur, les uns parallèles, les autres perpendiculaires à une direction générale, qui, communément, est la direction même de la couche ; ces galeries d'exploitation laissant entre elles des piliers carrés de

10 mètres de côté. Ce mode d'exploitation, joint à un toit généralement excellent, a toujours réalisé un avantage bien précieux dans un bassin où tout le monde sait que les eaux sont si redoutables : le minimum de dislocation des terrains qui recouvrent les parties dépouillées. Néanmoins, il y a une quinzaine d'années, sous l'influence des hauts prix qu'avaient atteints les combustibles, sous celle aussi plus générale de la meilleure utilisation possible des richesses minérales, on s'était dit, qu'en fin de compte, on abandonnait ainsi le quart du combustible, et que ces dimensions communes de 10 mètres, tant pour les piliers que pour les chantiers, n'étaient peut-être pas les plus rationnelles à adopter ; à coup sûr, elles n'avaient pas été déterminées expérimentalement par les anciens, et on pouvait peut-être gagner quelque chose sous le rapport de la proportion des pleins aux vides. L'administration locale des mines n'était pas étrangère à ces idées et, sous leur impulsion, l'on avait, dans les années 1873 à 1876, dépouillé une région choisie à cet effet, avec réduction des dimensions des piliers. Mais, peu à peu, on s'était aperçu des graves inconvénients de la méthode modifiée, et à partir de l'année 1877, on avait repris, à la Société de Charbonnages, les dimensions en usage dans tout le bassin.

Dans la nuit du 29 au 30 avril 1879, un craquement formidable suivi de trépidations se produisit tout à coup ; fort heureusement les chantiers de cette région n'étaient pas occupés à ce moment. Une galerie de roulage (*Léonie bis*) qui les traversait, fut écrasée sur une longueur de près de 700 mètres ; par places, le toit et le mur se touchaient. La secousse fut ressentie dans les villages de Gréasque, Saint-Savournin, Fuveau, Gardanne et Valdonne. D'autres détonations, moins intenses cependant, continuèrent après la première pendant toute la journée du 30 avril et même se prolongèrent le 1^{er} mai. On crut

d'abord à un tremblement de terre, une maison avait été presque démolie à Gréasque ; mais on ne tarda pas à demeurer convaincu qu'il n'y avait là qu'un fait tout local, n'ayant aucun retentissement en dehors des villages entourant la région minière. On constata les jours suivants que la partie éboulée était circonscrite nettement par un quadrilatère limité dans la mine, savoir : vers le nord, par une partie 1,2 (*fig. 3*, Pl. X) où la couche suivant sa ligne de plus grande pente s'était trouvée fortement argileuse et pyriteuse et où l'on avait, par suite, jugé prudent de la laisser en place, à cause de sa valeur médiocre et par crainte des feux ; vers l'est, par une faille 2,3, bien connue qui, quoique serrée, n'en constituait pas moins une région de moindre résistance ; vers l'ouest, par une moulière 1,4 jouant le même rôle et d'une manière plus accentuée(*) ; enfin vers le sud, par la voie de niveau la plus basse 4,3, au delà de laquelle, en aval pendage, la couche était vierge. La chute en masse avait été précédée, paraît-il, les jours précédents par des bruits plus ou moins intenses, par des roulements ; c'étaient sans doute quelques piliers qui s'écrasaient, et qui, répartissant la pression totale sur des surfaces de moins en moins grandes, préparaient l'effondrement en masse de la nuit du 29 au 30.

A la surface du sol, une grande fente le long de l'affleurement de la moulière 1,4, vers sa partie sud, s'étoilant en quelques diramations, reste la seule marque permanente de l'ébranlement. C'était ce côté du quadrilatère

(*) On sait qu'on entend par *moulière*, dans le bassin de Fuveau, des cassures sans dénivellation ayant donné lieu à l'introduction des eaux dans les profondeurs du terrain à lignite et ayant altéré d'une manière plus ou moins profonde les roches calcaires et les couches de charbon. Le dernier terme de cette altération est une accumulation de boues argileuses prédisposant les faces de l'accident à des glissements parfois irrésistibles. (Voir *Annales des mines*, 1883, 4^e livraison, p. 25.)

qui, par suite du caractère de moulière, présentait la moindre résistance. L'éboulement intérieur dans les autres régions n'avait pas atteint la surface; néanmoins il s'était propagé assez haut dans la masse du terrain. On a reconnu plus tard, dans la couche supérieure dite de Quatre-Pans, qu'à mesure qu'on se rapprochait de la région considérée, cette couche était écrasée en masse sans pour cela que les toits fussent cassés.

La position géologique des villages atteints par les secousses est intéressante à considérer comme aussi leurs distances, tant horizontales que verticales, du centre de l'éboulement. On voit ainsi que, outre le village de Gréasque, qui étant tout près, a été le théâtre des ébranlements les plus violents, ceux-ci se sont propagés tout autour de la région initiale; vers Saint-Savournin (2^{e} , 4), Valdonne (3^{e} , 2), Fuveau (3^{e} , 7) et Gardanne (7^{e} , 2). On remarque que la Pomme et Mimet, qui sont situés à des distances comparables ou inférieures (2^{e} , 8 et 3^{e} , 4) n'ont éprouvé aucune secousse, et l'on s'en rend bien compte quand on observe que ces deux localités sont sur le terrain de calcaire plus ancien qui forme la cuvette du bassin de Fuveau, et que, dès lors, il n'y avait aucune raison, quand on attribue les trépidations du sol à l'effondrement intérieur, pour que ces localités fussent atteintes. Toutes les autres, sans exception, sont, au contraire, situées sur des bancs supérieurs à l'étage fuvelien, siège de l'exploitation des mines, dans lesquels ont pu se propager les ondes d'ébranlement. Cette remarque doit être considérée comme une preuve sans réplique que l'hypothèse d'un tremblement de terre était tout à fait sans fondement.

Si l'on compare la superficie sur laquelle le mouvement ondulatoire s'est traduit à la surface du sol à celle où la secousse initiale s'est produite, on trouve ici que le rapport de la première à la seconde atteint 112. C'est

six fois moins que dans le cas cité dans la Loire. On doit ajouter qu'à cause des circonstances géologiques ayant, dans un cas comme dans l'autre, arrêté la propagation des ondes, les chiffres 720 et 112 n'ont pas grand intérêt. Ce qui en aurait au contraire un réel, ce serait la comparaison des surfaces ébranlées si rien ne s'était opposé à la propagation autour du point central. Si, dans les deux cas qui viennent d'être examinés, on considère les distances maxima atteintes par l'ébranlement sensible, comme représentant le rayon du cercle de sensibilité maximum correspondant à l'absence de solution de continuité dans le terrain, on verra que les chiffres 720 et 112 ci-dessus indiqués se trouveraient remplacés par 3.750 et 622. On doit regarder ces chiffres, jusqu'à plus amples informations, comme des faits purs et simples à enregistrer.

MÉMOIRE

SUR L'INDUSTRIE DU CUIVRE

DANS LA RÉGION D'HUELVA

(RIO-TINTO, SAN-DOMINGOS, ETC.)

Par M. L. DE LAUNAY, Ingénieur des mines.

L'industrie du cuivre a pris depuis quelques années, dans la région d'Huelva, à la frontière sud de l'Espagne et du Portugal, un développement considérable, et les noms de Rio-Tinto, Tharsis et San-Domingos ont acquis rapidement une renommée universelle. Ces mines sont intéressantes à plus d'un point de vue; l'antiquité très reculée de leur exploitation, la constitution géologique assez particulière des gisements, le mode d'exploitation par tranchées gigantesques, les méthodes ingénieuses employées pour extraire le cuivre économiquement d'un minerai en somme assez pauvre, méritent également d'appeler l'attention; nous voudrions ici, en profitant d'une visite récente où la bonne grâce des diverses compagnies nous a donné toutes facilités d'études, résumer ce que l'on sait aujourd'hui sur chacun de ces sujets.

PREMIÈRE PARTIE.

HISTORIQUE.

La première exploitation des mines de la région d'Huelva paraît remonter à la population, dite celtibère, qui occupa le sol de l'Espagne avant même la venue des Phéniciens. On a en effet trouvé à diverses reprises, auprès des gisements de ce pays, des outils de la pierre polie qui correspondraient à une période où le cuivre, déjà employé, n'avait encore que des usages restreints; ainsi en 1845, dans la mine de Potosi, près du village de Guadalcanal, dix-sept squelettes humains avec des haches de pierre, des os travaillés, etc...; en 1858, des restes analogues dans la mine de la Cala; d'autres encore près des gisements métallifères de la Sierra de Tejada, etc. (*).

On peut placer vers le XI^e siècle avant Jésus-Christ la découverte de l'Espagne par les Phéniciens, découverte qui paraît avoir été pour ces peuples d'une importance comparable à celle du Mexique et du Pérou pour les Espagnols vingt-cinq siècles après. On sait la valeur qu'attachaient au cuivre, dont ils faisaient le bronze, les peuples primitifs. Les travaux préhistoriques les plus récents ont bien montré que le bronze était pour ces tribus celtiques, arrivées d'Orient vers cette époque après les hommes des dolmens, un métal sacré qu'ils conservèrent de préférence au fer même longtemps après qu'on leur eût appris l'usage de celui-ci. Les Phéniciens, grands commerçants en métaux (**), faisaient alors du

(*) On est surpris quand on passe en revue les gisements importants de cuivre, d'étain et d'or, de voir combien fréquemment on y a rencontré des traces d'exploitations très anciennes (voir Bapst, *l'Étain*, p. 16, etc.).

(**) Les Phéniciens paraissent avoir connu, vingt siècles avant

cuivre un trafic important. En outre, les mines de la région d'Huelva devaient leur fournir les métaux précieux, or et argent, que la masse entière renferme seulement en petites quantités, mais qu'on savait déjà chercher péniblement dans certaines veines minces où ils se concentrent. Les richesses en or et en argent que Tyr retira de la Bétique frappèrent d'admiration les écrivains anciens, qui se livrent sur ce point à des exagérations manifestes, parlant d'ancres en or et en argent, de meubles d'argent échangés contre les objets les plus vulgaires. Nous verrons pourtant un peu plus loin que les commentateurs les plus autorisés de la Bible ont cru pouvoir identifier l'Espagne, et spécialement la région d'Huelva, avec la fameuse Tharsis de l'Écriture sainte, d'où les flottes de Salomon et d'Hiram, roi de Tyr, rapportaient tous les trois ans les richesses destinées à être entassées dans le temple de Jérusalem.

L'habileté de ces premiers Espagnols dans l'art des mines et la métallurgie, vantée par Diodore de Sicile et Pline, était assez connue pour que, d'après Hœfer, il faille faire venir le nom même d'Espagne du phénicien *spanja* ou de l'hébreu *sapam*, qui signifie ouvrier mineur (au propre, lapin). Nous avons d'ailleurs une preuve positive des connaissances métallurgiques très avancées que les Phéniciens apportèrent d'Asie en Bétique, ce sont leurs scories formant à Rio-Tinto un lit distinct au-dessous des scories romaines caractérisées elles-mêmes par des médailles.

Ces scories, manifestement traitées pour cuivre, indiquent en effet, par la présence d'une certaine quantité de plomb, introduit dans la fusion d'un minerai qui n'en contient pas, la connaissance du procédé d'extrac-

Jésus-Christ, le fer qui était employé en Égypte depuis un millier d'années et qui arriva en Grèce 500 ans plus tard.

tion de l'argent par alliage avec ce métal et coupellation postérieure.

La Bible parle à diverses reprises (*) d'un pays nommé Tharsis, qui, avec Ophir vers la mer Rouge (**), paraît avoir été, au XI^e siècle avant Jésus-Christ, le grand centre d'extraction des métaux précieux. Tharsis devait être sur la Méditerranée, car pour s'y rendre Jonas s'embarque à Joppé. D'une manière générale, c'était pour les Hébreux l'Occident mystérieux et lointain, comme Ophir était l'Orient; mais depuis longtemps on a réussi à préciser le sens de cette dénomination géographique, et Gesenius, dans son dictionnaire biblique qui résumait l'état de la science au siècle dernier, n'hésitait pas à placer Tharsis au même point que le Tartessus des Romains, c'est-à-dire au delà des colonnes d'Hercule, vers les provinces de Cadix et d'Huelva. Quelques noms des environs de Rio-Tinto paraissent avoir conservé de là une certaine tournure hébraïque ou phénicienne : la rivière Odiel, celle Abihud, etc... (***). Il est à remarquer, toutefois, qu'en aucun point de l'Espagne on n'a jamais trouvé aucune inscription phénicienne authentique : ce qui peut tenir sans doute à l'insuffisance des recherches; mais ce que M. Renan croit également pouvoir expliquer par ce fait que l'établissement des Phéniciens dans cette région a été antérieur à l'époque où l'écriture, jusqu'alors

(*) Voir *Rois*, III [v; ix, 11; x]; *Paralipomènes*, II, ix-21; *Macchabées*, I, chap. 8; *Jonas*, I, 3, etc.

(**) On a tour à tour identifié Ophir avec Malacca, puis avec le Transvaal (?) etc...; c'est dire qu'il règne sur ce point une forte incertitude; mais le rapprochement proposé entre Tharsis et le Sud de l'Espagne semble plus sérieux.

(***) Il est assez curieux que l'idée d'une colonie juive antérieure au christianisme soit de tradition en Espagne. L'on voit à Tolède une fort curieuse synagogue dont la construction fut, suivant la légende, autorisée, parce que les juifs d'Espagne, consultés par des courriers du tribunal de Caïphe, avaient refusé de voter la mort de Jésus-Christ.

seulement monumentale, est devenue d'un usage courant. Le règne du roi Salomon nous donnerait dès lors une première date pour les travaux de Rio-Tinto : 1013 avant Jésus-Christ.

Après Tyr vint Carthage, à laquelle Diodore de Sicile (*) attribue même la découverte de toutes les mines espagnoles. Strabon (**) et Pline (***) citent un fameux puits nommé Bébelo, auprès de Carthagène, qui donnait chaque jour à Annibal trois cents livres d'argent pur et sans mélange. Les conquêtes d'Hamilcar, Asdrubal et Annibal eurent pour conséquence immédiate des travaux de mine importants exécutés dans la région de Barcelone, de Carthagène et d'Huelva, et l'on sait que le désir des Romains de s'emparer de cette Californie fut une des causes principales des guerres puniques.

Rendue maîtresse de l'Espagne par la victoire de Monda, Rome y développa des industries considérables, dont témoignent les immenses amas de scories d'Alosno (Tharsis et Lagunazo), d'Olivargas, de la Puebla de Guzman, d'el Buitron, de Cala et de Rio-Tinto, et les innombrables puits ou galeries qu'on retrouve aujourd'hui dans chacun des gisements.

L'exploitation paraît avoir été surtout très active à partir de Nerva, dont une inscription, retrouvée le 31 juillet 1772 à Rio-Tinto, sur une dalle de cuivre fixée à la paroi d'une galerie à 16^m,30 de profondeur, montrait l'intervention (****). Depuis cette époque, les monnaies recueillies dans les scories antiques forment une série à peu près complète comprenant Théodose, Claude, Julien, Constantin, Trajan et allant jusqu'à Honorius.

(*) Livre V, chap. xxxviii.

(**) Géog., livre III.

(***) Livre XXXIII, chapitre vi.

(****) Cette inscription portait : « Imp. Nervae Caesari au. pontifici maximo. tr. protest. PP. Cos. III Aug. IIII. prudens aug. lib. procurator suo posuit ».

Ces travaux des Romains valent la peine qu'on s'y arrête un peu ; car ils forment un chapitre curieux de l'histoire de l'art des mines et de la métallurgie dans l'antiquité, que des faits relevés dans la région d'Huelva contribuent à éclaircir.

La situation légale des mines sous l'empire romain a été résumée par M. Aguillon dans le premier chapitre de son *Traité de législation des mines* (*). En Italie, le principe paraît avoir été celui de l'accession ; mais, dans les provinces conquises, et c'était le cas pour l'Espagne, l'État se réservait souvent la propriété de la mine et se contentait d'en donner en ferme l'exploitation.

Il semble que ce soit Caton qui, le premier, ait songé à tirer profit des mines de la péninsule en les concédant, sous certaines conditions, à des particuliers ; ces conditions étaient écrites sur des tables de bronze, dont l'une a été fort heureusement retrouvée dans la mine de pyrite cuivreuse d'Aljustel, en Portugal (**). Après Tibère, l'État exploita pour lui-même un certain nombre de gisements, laissant le reste à des particuliers ou à des compagnies. Afin d'attirer des ouvriers libres, il donnait des terres ou une dispense d'impôts à ceux qui travaillaient à la mine. Ainsi les habitants de Seidobriga, en Portugal, soumis à cette redevance en nature, s'appelaient pour cela des *plombarii*. Mais, plus généralement, les ouvriers étaient des esclaves ou des malfaiteurs, le nombre des hommes libres pour l'Espagne ne devant pas, d'après la loi, dépasser 5.000.

Les esclaves ne suffisant pas, sous le règne de Claude, un général romain eut, d'après Tacite (***), l'idée d'em-

(*) Voir Héron de Villefosse, *De la richesse minérale*, et Chevallier, *De la propriété des mines*.

(**) Dareste : Communication à l'Institut, 14 février 1879, et Giraud : *Journal des savants*, 1877.

(***) *Ann.*, livre II, chapitre II.

ployer ses soldats aux mines; sous Probus, ce système devint à peu près la règle.

A Rio-Tinto et autour d'Huelva, toutes les tombes rencontrées étaient des tombes d'esclaves ou de très pauvres gens.

Les exploitations des Romains en Espagne furent très activement menées; on peut dire qu'aujourd'hui on se contente de reprendre et d'épuiser les gisements qu'ils avaient seulement entamés. Autour d'Huelva, les traces en sont innombrables; on en trouve aussi en Galicie (via de Foz et medulas del Vierzo); en Asturies (M^{te} Furado de Salabe et Albaneda); à Carthagène, à Linarès. Polybe (avec une exagération évidente) parle de 40.000 ouvriers pour les seules mines d'argent de Carthagène et d'une extraction annuelle de 3.272 kilogrammes.

Les méthodes d'exploitation qu'ils employaient ont été décrites avec assez de détails par Pline l'Ancien, qui en compte trois (*). A Rio-Tinto, à Tharsis, à San-Domingos, les énormes excavations modernes ont mis à jour, comme dans une coupe théorique, leur réseau de puits et de galeries, et l'on est tout particulièrement bien placé pour les étudier (**).

La première chose qui frappe, c'est l'exiguïté inouïe des passages. Les Romains, qui cherchaient surtout les métaux précieux, suivaient à travers l'amas de pyrite certaines veines minces où se concentre le sulfure de cuivre riche en argent; ces veines étant fort étroites, ils ne perdaient pas de temps à faire des excavations inutiles, et, dans leurs puits d'un mètre à peine de diamètre, dans leurs galeries qui n'ont guère plus d'un mètre de haut, c'est à peine si, en rampant, un homme peut passer; quelques-uns de ces puits si étroits paraissent avoir été

(*) Pline, livre XXXIII, chapitre iv.

(**) Voir Burat, *Théorie des gîtes métallifères*, chapitre v.

destinés, à une époque où la boussole était inconnue, à fournir des jalons et des points de repère à la surface.

Tout le travail était exécuté à la pointerolle, et l'on voit encore sur les parements les traces des outils. Quant à la sortie des matières abattues, et, jusqu'à un certain point, de l'eau, elle se faisait de main en main, dans des paniers, jusqu'à une issue.

Quand la veine s'élargissait, l'excavation d'une seule portée l'embrassait toute. Il y a, dans certaines mines anciennes, des vides d'une dimension et d'une hauteur extraordinaires.

La plus grande difficulté qu'on avait à vaincre, était l'épuisement de l'eau, difficulté pour les anciens presque insurmontable. Tant qu'il y avait possibilité par une galerie d'écoulement, si longue qu'elle fût, de gagner une vallée voisine, ils n'hésitaient pas à la percer. Ces galeries sont encore souvent visibles aujourd'hui. A Lagunazo, on a même pu en remettre une en état pour l'usage actuel de la mine. Au-dessous de ce niveau, ils employaient une succession de roues placées à la file les unes au-dessus des autres dans une série de chambres, comme le montre le croquis Pl. X, *fig. 4*, relevé à San-Domingos. Dans toutes les mines de la province d'Huelva on a retrouvé de ces roues, dont le bois injecté de sulfate de cuivre et souvent couvert d'une cristallisation bleue, était très bien conservé.

Le minerai extrait, il fallait en retirer le cuivre et l'argent. D'après Carranza, qui vit Rio-Tinto en 1620, à un moment où il était abandonné depuis dix siècles, on apercevait alors de nombreuses ruines de fours pouvant contenir de 400 à 500 quintaux de minerai et provenant des Romains. Quelques-uns de ces fours ont été retrouvés à Tharsis, à Carthagène, à Arles en Roussillon. Ils étaient assez analogues aux bas foyers catalans et aux fours

également employés avant la conquête par les indigènes du Pérou.

Ils étaient munis d'un trou pour l'introduction de l'air; les soufflets de cuir, analogues à ceux qu'on voit déjà représentés dans les peintures égyptiennes, devaient être manœuvrés à bras, car on ne remarque pas qu'on ait jamais recherché le voisinage des cours d'eau, c'est-à-dire la force motrice. Enfin, les petites dimensions de ces fourneaux forçaient à en multiplier le nombre, ce qui explique la grande dispersion des scories. Le combustible employé était le charbon de bois. L'usage des fondants paraît avoir été connu des anciens; dans l'île grecque de Thasos, nous avons eu l'occasion de constater sur des scories de cuivre traitées par les Athéniens que de la chaux avait été ajoutée au minerai qui n'en contenait pas; à Rio-Tinto, on semble avoir utilisé certaines roches très siliceuses du toit du filon, appelées *pizarras*. Puis le cuivre noir était fondu avec du plomb pour en extraire ensuite l'argent, suivant un procédé que Diodore de Sicile affirme avoir été connu des Égyptiens (*), et qu'en tout cas Pline l'Ancien décrit en détail (**). La présence à Rio-Tinto de grenailles de plomb et de tronçons de coupelles imbibées de litharge au milieu des scories en sont la preuve. Le résultat de cette fusion avec le plomb devait être un métal blanc dit métal *blanquillo*, qu'on retrouve souvent dans les scories et dont voici l'analyse, d'après D. Ramon Rue Figuera :

Silice.	0,100
Carbone.	»
Cuivre.	2,794
Fer	51,837
<i>A reporter.</i>	<u>54,711</u>

(*) Diodore de Sicile, livre III, chapitre xiv.

(**) Pline l'Ancien, livre XXXIII, chapitre vi.

<i>Report.</i>	54,711
Plomb.	17,026
Antimoine.	3,600
Argent.	0,030
Arsenic.	21,500
Soufre.	2,342
Calcium.	0,413
Magnésium.	traces.
Perte. :	0,358
	<hr/>
	99,980

Un détail assez curieux, c'est que, dès l'antiquité, conformément à un dire de Strabon (50 ans avant Jésus-Christ), quelques-unes des scories paraissent avoir été refondues.

Après les Romains, pendant la durée des invasions barbares, toutes les mines furent abandonnées; les Arabes, qui avaient des connaissances en chimie, en reprirent quelques-unes; on cite particulièrement, comme ayant provoqué un réveil de l'industrie minière, le roi Alhaken de Cordoue, qui vivait au X^e siècle; mais il ne semble pas que son attention se soit portée sur la région d'Huelva; car il n'y reste aucune trace du passage des Arabes; le nom de *Reina mora* donné à une montagne, près de Rio-Tinto, vient seulement de la coutume qu'avait le peuple espagnol d'attribuer aux Arabes tout ce qui était ancien; il manque dans les mines les traces d'un travail arabe qui seraient fort aisées à reconnaître, si l'on s'en rapportait absolument à une remarque d'Hœfer. Les Arabes, en effet, d'après lui, auraient fait carrés ou rectangulaires aussi bien leurs puits que leurs tours, tandis que les Romains les faisaient également ronds.

Nous arrivons donc, pour trouver une tentative nouvelle sur ces riches filons de Rio-Tinto et Tharsis au XVI^e siècle, époque à laquelle les voyageurs qui passèrent dans le pays commencèrent à appeler l'attention

sur les énormes amas de scories qui les désignaient à la surface.

En 1555, on avait découvert le fameux gisement de Guadalcanal. Peu après, Philippe II envoya D. Francisco de Mendoza avec mission spéciale de lui découvrir des mines en Espagne. D. Francisco parcourut Zalamea, Aracera, Valverde et reconnut Rio-Tinto où il envoya D. Diego Delgado pour faire des études. Les rapports successifs et les instances de ce dernier auprès de Philippe II nous ont été conservés.

Il avait été frappé de l'importance des restes antiques et ne cessa d'en demander la mise en exploitation ; mais le Consejo de Hacienda, chargé d'examiner la question, ne lui répondit que par des paroles méprisantes. Sur sa dernière supplique qui existe encore, on peut lire écrit de la main de Philippe II, grand annotateur de pièces comme on sait : « Cet homme est mort ; on pourra adresser cela à D. Francisco pour qu'il voie s'il en est de ces mines comme il le dit ». L'année suivante, D. Francisco revint bien à Guadalcanal, mais il oublia Rio-Tinto, qui, dans l'état de décadence où tomba bientôt l'Espagne, resta plus d'un siècle encore abandonné.

La législation minière, inaugurée le 10 janvier 1559 par la loi de Valladolid et complétée par les ordonnances de 1563, n'avait rien d'ailleurs qui pût encourager beaucoup les recherches.

D'après cette loi, faite en apparence pour soustraire les mines dans l'intérêt général à ceux qui les détenaient sans les exploiter, la couronne devenait propriétaire de tous les gisements d'or, d'argent et de mercure : tout inventeur devait faire un *registre* (ou déclaration authentique) à la suite duquel il était tenu de maintenir sa mine en activité permanente et ne touchait au plus que le tiers du produit net, le reste étant versé au Trésor.

Sous ce régime, on se contenta de faire, au sujet des

mines de la province d'Huelva, quelques déclarations aussitôt oubliées qu'enregistrées.

Le 20 septembre 1569, c'est un nommé Juan de Cabrera qui annonce la découverte d'une mine située dans le territoire de Zalamea ; le 17 janvier 1570, autre mine, « de quelque métal que ce soit », située à la Venta de la Gangosa, c'est-à-dire à la Cimada de Rio-Tinto. Le 13 juin 1570, enregistrement des dépôts de scories de Rio-Tinto signalés par un nommé Francisco Perez de Canales. En réalité, aucun travail ne fut fait pendant plus d'un siècle encore.

Quelques améliorations avaient pourtant été apportées peu à peu à l'organisation des mines.

Le 22 août 1584, Philippe II avait promulgué la loi plus rationnelle qui a régi l'Espagne jusqu'au début de ce siècle ; il y avait reconnu le droit de l'inventeur et jusqu'à un certain point, le principe de la liberté industrielle ; en 1607, une pragmatique avait diminué encore l'impôt des mines ; enfin, en 1624, on avait enlevé la juridiction des mines au Consejo de Hacienda trop incompetent, pour la donner à une *Junta de minas* spéciale. Mais on était au moment de la découverte de l'Amérique dont les richesses ruinèrent vite l'Espagne, et l'expulsion des Morisques, en 1609, avait détruit presque tous les germes d'industrie.

La *Junta de minas*, pour justifier son existence, se contenta de faire faire quelques recherches. Le 1^{er} novembre 1627, Philippe IV, sur son avis, signa une ordonnance envoyant le licencié Gregorio Lopez Madera reconnaître et étudier la mine de Zalamea (près Rio-Tinto).

On fondit alors en guise d'essai le « métal blanquillo » avec deux fois son poids de cuivre, mais on ne put ainsi, bien entendu, se débarrasser de l'arsenic, du soufre et de l'antimoine qu'il contient, et on en conclut que les scories étaient inutilisables.

En 1637, 1661, 1695 on donna encore par trois fois la concession de ces scories, chaque concession nouvelle montrant bien que la précédente était restée vaine ; enfin, il faut arriver à 1725 pour trouver à Rio-Tinto un commencement sérieux de travaux à la suite de la venue dans le pays d'ingénieurs allemands ayant fait leur apprentissage dans les mines du Hartz.

Il y avait longtemps que l'on avait eu l'idée d'appeler des mineurs allemands en Espagne.

Dès 1523, Marc et Christophe Fuggers, les riches négociants d'Augsbourg, entrepreneurs des mines d'Almaden, avaient attiré des hommes experts du Hartz et de l'Erzgebirge. Aussi, quand, en 1556, après la découverte de Guadalcanal, on songea à reprendre aussi Rio-Tinto, D. Augustin de Zarate écrivit à Philippe II qu'il était nécessaire, si l'on voulait réussir, de faire venir deux cents Allemands. Ce projet ne fut réalisé qu'en 1725 par un certain Liebert Wolters auquel on doit la reprise de l'exploitation à Rio-Tinto. Ce Wolters, né à Stockholm, vivait alors pauvrement à la cour d'Espagne, soutenu par les libéralités de l'ambassadeur de Bavière qui l'avait connu à une époque où il recherchait les fameux galions submergés de la baie de Vigo. Ayant quelques connaissances de mécanique et un esprit entreprenant, il se fit, en 1725, donner la concession des mines de Rio-Tinto, Guadalcanal, etc., et tenta aussitôt de former une société.

L'année suivante, il avait encaissé plus de 10.000 doublons (de deux écus d'or chacun) ; il appela alors des ouvriers de Suède et d'Allemagne et envoya un ingénieur, Robert Shée, étudier les mines étrangères. Deux ans après, malheureusement, il se tua dans la mine de Rio-Tinto. Mais son neveu et héritier, D. Samuel Tiquet Junior, après un long procès, parvint enfin, vers 1745, à se faire accorder de nouveau la concession et poursuivit

jusqu'en 1750 l'exploitation commencée en faisant quelques essais de fusion et de cémentation naturelle.

C'est le moment où l'affaire entre dans une phase véritablement industrielle et où cet historique va prendre un intérêt nouveau par les essais successifs auxquels nous allons assister et la série d'expériences ou de tâtonnements qui progressivement amèneront aux méthodes telles qu'elles sont pratiquées maintenant. On peut suivre là l'histoire des perfectionnements très lents d'une industrie actuellement si florissante et se rendre compte en l'étudiant pourquoi l'on n'ose aujourd'hui qu'avec infiniment de prudence modifier des pratiques améliorées au cours des siècles et consacrées par le temps.

D'abord, c'est par grillage et fusion qu'on opère.

De 1740 à 1750, sous la direction d'un certain D. Francisco Tomas Sanz de Valencia, associé de D. Tiquet, on traite en deux opérations : grillage en tas coniques et fusion au four à manche.

En 1751, on essaye, non sans introduire d'abord quelque confusion dans le travail, d'opérer par trois fusions successives : grillage et fusion pour première matte (*matta basta* ou matte brute); calcination de la matte; seconde fusion pour matte fine; calcination et troisième fusion pour cuivre noir suivie d'un affinage dans des coupelles allemandes (*).

Puis, en 1752, nous voyons, pour la première fois, apparaître la méthode de cémentation naturelle, c'est-à-dire par arrosage sans grillage préalable et précipitation du cuivre par le fer (méthode actuelle de San-Domingos).

(*) A cette époque, l'exploitation du Rio-Tinto était tout entière souterraine; un seul puits ne pouvant suffire à la ventilation, on fit un percement au moyen de deux galeries ou *contraminas* venant au-devant l'une de l'autre. D'où, paraît-il, le nom de *contramina* employé à Rio-Tinto pour désigner les travaux souterrains et qui a pu étonner quelques visiteurs.

Mais on ne l'applique que sur une très petite échelle, le procédé principal restant toujours celui par calcination et fusion; et même vers 1783, après que le gouvernement espagnol, le 1^{er} février 1783, eut racheté la mine, le manque d'eau, par suite du mauvais état du canal d'arrivée, décide à y renoncer complètement.

Quatre ans après, on y revient (1787), non toutefois sans que des gens réputés compétents fassent une opposition très vive. Nous en trouvons une preuve piquante dans un mémoire du surintendant général de la Real Hacienda, don Pedro de Lerena, où celui-ci croit démontrer victorieusement que le cuivre obtenu par cémentation n'était en réalité que du fer teint en cuivre et que cette falsification faisait le plus grand tort aux véritables cuivres espagnols. Il fallut alors une série d'expériences de Don Pedro Gutierrez Bueno, Catedratico de Quimica à Madrid, pour prouver le contraire.

Dans ces conditions, on ne doit pas s'étonner si la méthode par cémentation se développe peu. En 1790, le nombre des fours était arrivé à être de dix : sept ou huit pour la fusion des minerais calcinés et deux ou trois pour l'affinage du cuivre noir, tandis que le cuivre cémenté figurait à peine dans les tableaux (*).

Nous entrons ensuite dans la période de l'invasion française où l'industrie est à peu près complètement suspendue, puis dans une époque de décadence générale de l'Espagne où tous les travaux restent abandonnés.

En 1824, lorsque l'exploitation reprend un peu, nous trouvons la cémentation revenue en faveur. Mais, quoique ce procédé soit en théorie de la plus grande simplicité, il demande en pratique une foule de tours de mains que l'expérience seule pouvait faire connaître à la lon-

(*) Le prix de revient de la livre de cuivre ressortait alors à 4 réaux, soit 0^{fr}53.

gue; à cette époque, la disposition des canaux, la longueur du courant, etc., étaient mal réglées et comme, pour y remédier, on grattait chaque jour le cuivre déposé sur le fer, on n'arrivait à aucun résultat.

Cependant peu à peu on arrive par tâtonnements à la solution du problème capital, la pente à donner aux bassins où l'on précipite le cuivre par le fer. Dès lors, la cémentation au moins partielle a triomphé et les expériences se reportent sur d'autres points.

En 1837, on essaye de faire le grillage dans des chambres entourées de murs, ce qui donne des résultats déplorables.

En 1839, au contraire, on substitue aux tas de grillage jusqu'alors coniques les tas en troncs de pyramides actuels, nommés *teleras* à cause de leur ressemblance avec les pains d'Andalousie, et l'on obtient de ce seul fait une économie considérable en main-d'œuvre et en combustible avec un produit triple dans un temps égal.

Enfin en 1845 on fait un dernier pas et le plus considérable : D. Felipe Prieto de Séville prend un brevet pour le procédé de cémentation dite artificielle, c'est-à-dire par grillage préalable, arrosage et précipitation du fer par le cuivre.

Ce procédé qui depuis a fait supprimer tous les autres à Rio-Tinto était du reste fort anciennement connu; car l'alchimiste Basilio Valentin le cite dans son *Currus triumphalis antimonii*, et dès le XVI^e siècle on l'appliquait dans le Harz. Mais c'est à D. Felipe Prieto qu'est due son introduction en Espagne.

A partir de ce moment, jusqu'en 1875, époque où le gouvernement espagnol se décida à vendre la mine à une société, les méthodes ne subissent plus que peu de modifications. Quant aux changements introduits depuis 1875 par la nouvelle société nous aurons à les décrire plus loin dans la troisième partie de cette étude.

Pendant ce temps, les autres mines de la région étaient successivement mises en valeur : en 1858 San-Domingos, par un Français, M. Deligny ; puis Tharsis, en 1866, etc... En 1867 San-Domingos prit l'initiative d'une révolution radicale dans l'exploitation ; renonçant à l'abatage souterrain jusque-là pratiqué dans la région et trop coûteux, on y commença le travail gigantesque d'enlever le chapeau de fer hydroxydé qui couvre tous les filons du pays.

La même résolution fut adoptée à Rio-Tinto peu après que la société actuelle eût acheté la mine ; puis, vers 1881, on fut conduit à élargir cette tranchée dans des proportions considérables pour éviter de miner au nord la montagne du Cerro Salomon. Aujourd'hui l'abatage à ciel ouvert est devenu la règle dans la province d'Huelva et on n'y exploite plus guère souterrainement que le filon San-Dyonisio et le filon nord de Rio-Tinto.

Il nous reste maintenant pour terminer cet historique à dire un mot de l'état actuel de cette industrie du cuivre dont nous venons de suivre les évolutions lentes depuis l'antiquité.

Les mines placées sur un alignement Est-Ouest allant de San-Domingos à Rio-Tinto sont aujourd'hui très nombreuses. Indépendamment des trois principales : San-Domingos, Tharsis et Rio-Tinto, on y trouve de l'Ouest à l'Est : Lagunazo, San-Telmo, Cueva de la Mora, la Zarza, San-Miguel, Confesionario, la Coronada, El Buitron, la Peña, etc., sans compter celles comme la Concepcion ou la Poderosa qui sont presque épuisées.

On peut se faire une idée de l'importance de quelques-unes de ces mines d'après les chiffres suivants :

San-Domingos extrait annuellement environ 350.000 tonnes de minerai qui fournissent 6.500 tonnes de cuivre et 200.000 tonnes de minerai lavé expédié en Angleterre ; le nombre des ouvriers y est de 3.500.

Tharsis a extrait 766.010 tonnes en 1886, 568.194 tonnes en 1887; donnant environ 6.400 tonnes de cuivre et 280.000 tonnes de minerai lavé; la population de Tharsis est de 6.000 âmes représentant 4.000 ouvriers. La même société possède la Zarza et Calañas.

Rio-Tinto, par une exploitation incessamment développée depuis 1876, est arrivé à 1.300.000 tonnes de minerai, 13.000 tonnes de cuivre cémenté et 350.000 tonnes de minerai à 4 p. 100 exporté, soit en tout près de 20.000 tonnes de cuivre par an, la consommation du monde entier étant de 250.000 tonnes et la production des États-Unis de 70.000 tonnes. Les ouvriers y sont au nombre de 11.000 après avoir été jusqu'à 14.000.

Les chiffres suivants donnent les résultats de l'exploitation de cette mine en 1887 et 1888 :

	MINERAI exporté	MINERAI traité sur place	EXTRACTION totale	TENEUR en cuivre p. 100	CUIVRE produit
1887	362.796 ¹	819.642 ²	1.182.438 ¹	3.047	17.813 ¹
1888	434.316 ¹	969.317 ¹	1.403.633 ¹	2.949	18.522 ¹

En 1889 la production, à la suite d'incidents connus, a été un peu réduite; mais, dès les derniers mois de cette même année, elle commençait à reprendre.

D'autres petites mines comme Lagunazo donnent encore 100.000 tonnes de minerai, 1.000 tonnes de cuivre et occupent 800 ouvriers.

Voici, indépendamment de San-Domingos (*) pour lequel les chiffres précis nous manquent, le tableau officiel de la production de la région dans ces dernières années (**).

(*) San-Domingos est situé en Portugal, les autres mines en Espagne.

(**) Renseignements communiqués par M. Gonzalo y Tarin, ingénieur en chef au Corps des Mines espagnol.

Production de pyrites comptée en tonnes de 1.000 kilogrammes.

MINES	1883	1884	1885	1886	1887
Rio-Tinto.	1.099.973	1.369.918	1.351.466	1.378.381	1.182.438
Tharsis.	640.477	662.535	811.767	766.010	568.194
La Zarza.	62.411	71.723	81.897	72.581	61.021
Lagunazo.	52.029	75.563	93.981	100.349	107.149
Toutes les autres mines.	315.116	275.587	138.347	327.511	106.212
San-Domingos.	"	"	"	"	350.000
Total.	"	"	"	"	2.375.014

Le cuivre fourni à la consommation par les usines de la région (*) peut s'obtenir approximativement en admettant pour l'ensemble une extraction moyenne d'un peu plus de 1 1/2 p. 100, soit en 1887 pour 2.400.000 tonnes de pyrite, environ 40.000 tonnes.

Toutes ces mines ne produisent aujourd'hui sur place que du cuivre de cémentation et de la matte de première fusion. Elles exportent pour être traités en Angleterre (Swansea, Glasgow) et partiellement en Allemagne (Brême, Duisburg), en France (Nantes, Dunkerque, etc.) du cuivre cimenté, de la matte de première fusion, des minerais lavés contenant encore 1 p. 100 de cuivre, du soufre et du fer, enfin des minerais bruts à 3 ou 4 p. 100 de cuivre de Rio-Tinto. Les combustibles leur arrivant d'autre part d'Angleterre, elles ont toutes commencé par se relier à la mer au moyen d'une voie ferrée.

San-Domingos est desservi par une ligne de chemin de fer de 17 kilomètres de long allant au port de Pomarao sur la Guadiana où arrivent par an 400 à 500 navires de 1.500 à 2.000 tonnes et où l'on peut charger journellement 2.000 tonnes. De là les bâtiments chargés de cuivre descendent la Guadiana jusqu'à son embouchure à Aya-

(*) Sans tenir compte de celui qu'on retire des minerais exportés.

monte, distante de 30 milles. Deux bateaux à vapeur sont spécialement affectés au touage des bateaux à voiles dans ce trajet.

Toutes les autres mines sont rattachées, par trois voies presque parallèles, au port d'Huelva, devenu le centre d'un trafic considérable depuis quelques années; ce sont les lignes de Tharsis, de Zafrá et de Rio-Tinto à Huelva. Les deux lignes de Tharsis et de Rio-Tinto appartiennent aux sociétés du même nom; celle de Zafrá à une compagnie indépendante. La ligne de Rio-Tinto par exemple, qui est à voie étroite de 1^m,07, a une longueur de 83 kilomètres. A Huelva les deux lignes de Tharsis et Rio-Tinto se prolongent en mer par deux môles remarquables dont un seul, celui de la compagnie de Rio-Tinto permet de charger à la fois quatre navires de 2.000 tonnes. Toutes les mines y ont en outre des magasins importants (*).

Sur le carreau de la mine les installations sont également considérables, ce sont des forges, des charpenteries, des habitations, des maisons d'école, des hôpitaux, etc.

Un bilan de Rio-Tinto (en 1879) compte :

Chemin de fer, quai, tunnel et matériel de chemin de fer	26.300.000 fr.
Bâtiments, ateliers, réservoirs, plans fixes et voies ferrées, usines	3.800.000
Machines, etc.	2.800.000
Terrains et maisons en Espagne	2.100.000
	<hr/>
	35.000.000 fr.

Et pour les autres mines, les chiffres seraient en proportion.

(*) Les navires chargeant à Huelva le charbon qu'ils apportent contre le minerai qu'ils exportent, le prix du fret est assez réduit (10 à 12 francs par tonne), en sorte que le coke, venant d'Angleterre, revient à Rio-Tinto seulement à 35 francs la tonne et la fonte à 90 francs la tonne.

Rien que pour les réservoirs d'eau qui sont d'une importance capitale dans le traitement, nous voyons qu'à San-Domingos on en a fait trois dont un seul contient 5 millions de mètres cubes. Le plus récemment construit à Rio-Tinto en contient 2.500.000 et a coûté 2 millions.

Nous pouvons d'ailleurs, tout en évitant d'entrer dans des détails financiers qui seraient ici hors de propos, donner une idée du chiffre d'affaires que représentent ces mines par le tableau de la page 448 qui résume leur situation au 1^{er} janvier 1888.

Jusqu'ici cette industrie a été se développant d'année en année.

Le seul véritable obstacle à ses progrès ultérieurs, ce sont les limites très restreintes de la consommation du soufre et du cuivre dans le monde entier. Pour le soufre en particulier dont le seul emploi important, très réduit depuis le procédé Solvay, est dans la fabrication de l'acide sulfurique pour la soude, un million de tonnes de pyrite suffirait annuellement, même si l'on arrêta les mines de Sicile. Or nous avons vu que Rio-Tinto, Tharsis et San-Domingos arrivaient déjà à 2.500.000. C'est ce qui a conduit dans ces derniers temps à Rio-Tinto, à adopter presque exclusivement la cémentation artificielle dans laquelle le soufre est brûlé et perdu. Mais, la calcination à l'air libre ayant été défendue par le gouvernement espagnol (*), on revient aujourd'hui, comme nous le verrons, d'une part à des procédés de cémentation sans grillage, d'autre part à l'utilisation directe du soufre pour fabriquer sur place l'acide sulfurique. D'où un problème qui se pose : celui de l'emploi de cet acide sulfurique nouveau qu'on ne peut facilement jeter dans la consom-

(*) Décret du 29 février 1888 devant être mis progressivement en vigueur à partir du 1^{er} janvier 1889 pour avoir son plein effet en 1891.

Capital et engagements.

	CAPITAL		DÉBITS et dépôts	TRAITES et comptes courants	FONDS de réserve	TOTAL, capital et engagements	PYRITES extraites	BÉNÉFICE 1887
	autorisé	versé						
San-Domingos	52 500 000	46 275 000	"	750 000	2 840 000	49 865 000	8 250 000	2 300 000
Tharsis	31 250 000	29 380 000	10 740 000	3 780 000	"	43 880 000	13 400 000	3 250 000
Rio-Tinto	81 250 000	81 250 000	84 970 000	13 130 000	"	178 640 000	29 550 000	8 600 000
	165 000 000	156 885 000	95 010 000	17 650 000	2 840 000	272 385 000	51 200 000	14 160 000

Propriétés et actifs.

	MINES	CHEMIN de fer en Espagne	USINES en Espagne	BA- TIMENTS en Angleterre	STOCKS y compris travaux préparatoires		DIVERS	DÉ- BITEURS en compte courant	TRAITES, etc.	TOTAL
					Espagne	Angleterre				
San-Domingos	19 750 000	2 460 000	3 450 000	502 000	15 240 000	3 383 000	1 560 000	1 243 000	3 898 000	51 886 000
Tharsis	8 000 000	8 050 000	4 560 000	5 180 000	10 280 000	6 440 000	"	2 500 000	1 850 000	47 460 000
Rio-Tinto	83 250 000	27 700 000	27 900 000	1 240 000	31 100 000	8 020 000	4 100 000	2 850 000	672 000	186 132 000
	111 000 000	38 810 000	35 910 000	7 322 000	56 620 000	17 843 000	5 660 000	6 593 000	6 420 000	285 478 000

mation. Pour le résoudre on a songé, paraît-il, à organiser à Huelva le traitement des phosphates de Cacérès et par suite à établir une fabrique d'engrais chimiques (*).

De même pour le cuivre, on évalue la consommation annuelle du monde que l'emploi croissant de l'électricité doit, il est vrai, tendre à augmenter, à 250.000 tonnes. Or les 3 millions de tonnes de pyrites à 2,5 p. 100 de cuivre en moyenne extraites annuellement de la province d'Huelva en fourniraient à elles seules 75.000 (**), c'est-à-dire près du tiers. D'où la difficulté, sans amener une dépréciation dans la valeur des produits, d'augmenter encore davantage l'extraction comme on y est forcément entraîné pour diminuer le prix de revient.

Quant au fer, qui avec le soufre et le cuivre, constitue le minerai, on l'a jusqu'ici complètement négligé à Huelva ; en sorte qu'il s'est accumulé dans la région, sous forme de résidus, des amas énormes de ce métal. De ce côté il est possible qu'on arrive un jour à une solution depuis longtemps préconisée par quelques ingénieurs : celle de construire des hauts fourneaux, au moins pour la production de la fonte nécessaire à la cémentation.

(*) L'état précaire des mines de phosphates espagnoles, résultant en particulier de la découverte des gisements riches du Nord de la France, a dû sans doute faire remettre ce projet à une époque plus favorable.

(**) La dissolution du cuivre par cémentation étant une opération qui demande plusieurs années ; à mesure que le temps s'écoulera, les mines se trouveront retirer une quantité de plus en plus forte de métal des tas de minerais extraits par elles depuis l'origine et qui vont en s'accumulant.

DEUXIÈME PARTIE.

GÉOLOGIE.

A. Constitution géologique de la région.

La géologie de la province d'Huelva a été récemment l'objet d'un travail important de M. Gonzalo y Tarín, Ingénieur en chef au corps des mines espagnol, travail dont malheureusement les parties qui nous seraient le plus utiles en ce moment, celles qui concernent la pétrographie et les gisements métallifères ne sont pas encore parues. Nous emprunterons à cet ouvrage la plupart des faits dont nous allons essayer ici de tirer quelques conclusions, en y ajoutant seulement des renseignements personnels pour les régions que nous avons pu parcourir nous-même, c'est-à-dire pour le voisinage des mines de San-Domingos, Tharsis et Rio-Tinto ou pour les chemins de Pomarao à San-Domingos, Tharsis et Rio-Tinto et de là à Huelva.

La province d'Huelva présente un exemple très net des plissements de direction Est-Ouest dont on retrouve la trace dans une grande partie de l'Espagne. Quand on examine la carte géologique de cette région (voir Pl. XI, *fig. 1*) et qu'on laisse de côté les terrains tertiaires ou quaternaires, on la voit formée de cinq bandes successives qui sont à partir du Nord :

- 1° Le cambrien d'Encinarola, Cumbres et Arroyo;
- 2° Le silurien;
- 3° Les gneiss et micaschistes d'Aracena;
- 4° Le silurien;
- 5° Le carbonifère du culm.

Plus au Nord, on retrouverait une succession de bandes

analogues un peu plus inclinées N.-O.—S.-E. : gneiss gris à Olivenza et Fregenal ; silurien, cambrien et granite jusqu'à Hinojosa et Posoblanco, etc... allant rejoindre le silurien d'Almaden.

A l'Ouest, ces diverses bandes se continuent jusqu'en Portugal ; à l'Est, elles sont nettement coupées par une ligne droite E.-N.-E.—O.-S.-O. allant d'Huelva à Séville, puis à Cordoue, en suivant à peu près la direction du Guadalquivir et marquant de la façon la plus régulière le commencement du bassin tertiaire.

Dans toute cette région très étendue, les terrains postérieurs au carbonifère ne sont représentés que par quelques lambeaux miocènes et, pour trouver le trias ou le lias, il faut aller assez loin vers l'Ouest, en Portugal, où ces étages forment une bande très étroite le long des côtes Sud et Ouest.

Si l'on tient compte dès lors de ce que tous les terrains anciens sont entièrement plissés et renversés sous le miocène horizontal, on voit que nous avons là immédiatement la trace d'un grand mouvement postérieur au Culm ayant fait émerger pour de longues périodes les provinces d'Huelva, de Badajoz et d'Evora, mouvement sans doute à peu près contemporain de celui qui a ridé en France le Plateau central et le Morvan à l'époque dite hercynienne.

Ce que nous aurons à dire plus loin sur les roches éruptives nous aidera à préciser un peu les conditions de ce mouvement.

La carte et les coupes de M. Gonzalo y Tarin (t. I, Pl. II) semblent en outre mettre en évidence les quelques faits suivants :

1° Le *cambrien* paraît concordant avec les micaschistes comme il l'est dans toute l'Europe centrale et en prolonge sous le silurien les plissements.

De ce qu'il est aujourd'hui localisé dans la partie Nord

de la province et réduit à ses termes supérieurs, M. Gonzalo y Tarin a cru pouvoir conclure que toute la région avait été émergée pendant la première partie du cambrien. Cette hypothèse d'un premier mouvement qui aurait dû laisser sa trace dans une discordance entre les micaschistes et les phyllades aurait peut-être besoin d'être plus complètement démontrée. Dans le centre du Plateau central de la France qui a dû être tout entier couvert par le cambrien, d'après les lambeaux très disséminés qu'une étude minutieuse en retrouve de place en place, on pourrait presque dire comme à Huelva que ce terrain fait complètement défaut ; les plissements postérieurs et les érosions ont cependant suffi pour le faire ainsi disparaître.

2° Le *silurien* est nettement discordant avec le cambrien, par exemple à la R^a Martija. En sorte qu'il y aurait eu, comme dans le Plateau central, un mouvement important entre le cambrien et le silurien, mouvement qui pourrait être la cause de la lacune qu'on a cru constater à la base du silurien.

3° Après le silurien dont on retrouve la trace dans toute la province et même sur quelques-uns des points les plus élevés de la Sierra d'Aracena, le *dévonien* fait défaut ; pour le retrouver, il faudrait aller un peu au Nord de Badajoz où il forme une trainée dirigée vers Cordoue.

4° Le *carbonifère* est partout discordant avec le silurien ; d'où la preuve d'un second mouvement qui correspondrait peut-être, comme nous le verrons, avec l'arrivée du granite. D'après M. Gonzalo y Tarin, ce carbonifère, réduit au culm, se serait déposé dans un golfe assez profond ayant environ la forme qu'occupe son affleurement actuel sur la carte. Il est à craindre cependant que la dislocation considérable dont ce terrain porte l'empreinte ne nous masque bien fortement son allure primitive.

5° Enfin, un grand plissement postérieur au carbonifère, dont la trace se manifeste jusque dans les Asturies et dans le centre de l'Espagne, a fait émerger toute la région jusqu'au tertiaire. C'est le mouvement à la suite duquel sont arrivés les porphyres, les diabases et les masses métallifères qui leur sont intimement liées.

Nous pouvons ajouter, dès à présent, que ces divers plissements semblent s'être produits tous dans le même sens et n'avoir été que l'accentuation progressive d'un même phénomène, ainsi que nous le constatons en Auvergne.

Commençons par décrire les terrains sédimentaires avec leur substratum de gneiss et micaschistes :

1° Le **terrain primitif** présente en Espagne, d'après M. Mac Pherson (*), sa coupe habituelle que l'on affirme généralement être partout la même sur toute la surface de la terre : à la base, les gneiss granitoïdes et glanduleux ζ^1 équivalents à ceux du Plateau central et qui forment la plus grande partie de la chaîne Carpétane et de la Sierra de Guadarrama; au-dessus un étage moyen ζ^{1-2} comprenant de puissantes couches de calcaire saccharoïde, des amphibolites, des pyroxénites et des serpentines; enfin, les micaschistes ζ^2 passant à des schistes à séricite, à des chloritoschistes et à des talcschistes au-dessus desquels arrivent les premiers phyllades cambriens.

Les divers termes de cette série ne sont pas également représentés dans toutes les régions; ainsi, dans le Guadarrama, les gneiss de la base prédominent; dans la Galice au contraire, la partie méridionale de l'Espagne et en particulier la province d'Huelva, l'on ne rencontre guère que les niveaux supérieurs.

Le terrain primitif de la province d'Huelva est localisé

(*) Voir *Bull. Soc. géol.* 1886, p. 828.

dans la Sierra Alta d'Aracena. Sa coupe serait la suivante :

(4) Phyllades argilotalqueux, schistes lustrés et satinés.

(3) Schistes talqueux ou chloritoschistes de plus en plus argileux à mesure qu'on s'élève; marbres, etc...

(2) Micaschistes.

(1) Gneiss micacé commun au-dessous duquel le gneiss glanduleux fait défaut.

1. Le *gneiss micacé commun*, ζ^{1-2} , appartenant déjà sans doute à l'étage moyen occupe une bande Est-Ouest d'Aroche à Aracena sur une longueur d'environ 40 kilomètres.

Ce gneiss présente les aspects les plus variables; on y trouve en plusieurs points des lits de schistes amphiboliques comme à Cortegana, de la diorite stratiforme probablement analogue à celle que nous avons décrite dans la Corrèze et dans la Creuse (*) et du marbre cristallin comme à Aroche et sur le chemin d'Aroche à Cortegana ou à Linarès, enfin du calcaire métamorphique à pyroxène et autres minéraux comme au tunnel de la Cruz (Cortegana) où il est en contact avec des gneiss à cordiérite et des leptynites. M. Lacroix y a reconnu récemment la présence de la wernérite.

2. Le groupe supérieur ζ^2 des *micaschistes*, talcschistes et chloritoschistes est beaucoup plus homogène de composition. Plus on s'élève dans la série, plus les schistes deviennent argileux, doux au toucher, lustrés et passent à des phyllades.

Sur la carte, on voit ces schistes supérieurs entourer les groupes précédents qui, d'après les coupes, forme-

(*) Voir Compte rendu de la réunion de la Société géologique à Commeny (Bull. Soc. géol., 1888), et Note sur les Roches Primitives de la feuille de Brives (Bull. du Service de la carte géol., sept. 1889.)

raient en gros un pli anticlinal avec le granite à amphibole d'Aroche et Cortegana à la voûte.

Les micaschistes proprement dits sont réduits à quelques bancs vers Santa-Ana ; mais les schistes supérieurs, talcschistes à sérécite, schistes chloriteux amphiboliques ou feldspathiques et marbres intercalés atteignent un grand développement.

2° Le **cambrien** forme une bande Est-Ouest au Nord de la province d'Huelva.

Du côté Est, dans la province de Séville, sa présence a été mise en évidence par M. Mac Pherson qui a trouvé dans les schistes calcarifères au contact des bancs de calcaire métamorphique le *Archæocyathus marianicus* (Roemer) caractéristique du niveau des grès de Potsdam de l'Amérique du Nord (cambrien supérieur ou scandinave).

A l'Ouest, la bande se continue en Portugal où elle a été étudiée par MM. Riverro et Delgado (*). Là les schistes servent de base à des quartzites à *Cruziana* du silurien inférieur qui reposent sur eux en stratification discordante.

Le cambrien se compose principalement de schistes, grès et calcaires avec intercalation de quartzites, jaspes, etc... A l'Ouest, c'est une grauwacke et quelquefois un grès blanc jaunâtre alternant avec des schistes argileux gris ou jaunâtres.

Sa stratification est souvent assez confuse ; toutefois, la direction générale des feuillets est, comme celle de tous les terrains de la région, N.-80°-O. avec une inclinaison très forte.

3° Le **silurien** est uniquement représenté par son étage supérieur ou étage bohémien.

(*) Delgado : *Sobre a existencia do terreno siluriano da baixo Alemtejo*, Lisboa, 1876.

Il contient, outre les fossiles connus de la faune 3^me de M. Barrande, quelques-unes de ces curieuses traces d'annélides appelées *néréites* qui se sont retrouvées à un niveau constant avec des formes identiques dans les Pyrénées françaises, la Thuringe, l'Angleterre et le Canada (*).

Ces *néréites*, dans la bande qui se trouve au Nord du massif archaïque et dans le haut Alemtejo (juridiction de Barrancos), sont dans le voisinage assez proche de graptolites de la faune 3^me et paraissent appartenir au même étage. On les retrouve dans les schistes de la mine de San-Domingos, et M. Gonzalo y Tarin croit pouvoir rapporter à leur niveau les schistes de la Puebla, d'Almandro et de Tharsis. Il y a lieu toutefois de remarquer que l'aspect extérieur de ces schistes, tel que nous l'avons vu en traversant le pays, est absolument le même que celui de la plupart des schistes carbonifères et que, par suite, lorsqu'on s'éloigne des points précis et nécessairement rares où les fossiles ont été trouvés, la distinction devient des plus délicates.

Les *néréites* rencontrés au puerto de Buena Vista (sud de Encinarola) et au Rocho de los Molinos de San-Bartolomé ont été identifiés avec le *Nereites Ollivantii* (Murchis.) et le *N. Sedgwickii* (Murchis.) et peut-être avec le *N. flexilis* de M. de Saporta.

Les roches essentielles du système silurien sont, dans la province d'Huelva, des grauwackes et diverses variétés de schistes ardoisiers ou de phyllades avec quelques bancs de calcaires et de quartzites. Au Sud du massif archaïque, les schistes chloriteux et talqueux dominent ; au Nord, on trouve principalement des schistes micacés.

Les effets dynamiques ont été dans ce terrain des plus

(*) Barrois : *Ann. Soc. géol. du Nord*, t. XI, p. 219, 1884 ; et Saporta : *Bull. Soc. géol.*, t. XIV, 3^e partie, p. 407, 1886.

considérables; ils se traduisent nettement par un très grand nombre de plis, de failles et de fractures :

1° La *bande Nord* est composée surtout, comme nous venons de le dire, de schistes micacés ou argilotalqueux, plus ou moins schisteux, lustrés et satinés. C'est là qu'ont été rencontrés tous les fossiles caractéristiques du silurien, à l'exception des néréites qui ont permis d'y assimiler la bande Sud.

Le gîte important de Buena Vista, près Encinarola, est formé de schistes d'un vert jaunâtre très micacés, dirigés N.-58°.-O. avec une inclinaison assez forte au Nord-Est. Un premier banc contient de nombreuses empreintes de néréites; un peu plus au Sud et en concordance de stratification, on trouve le niveau fossilifère comprenant, d'après M. Lucas Mallada, les espèces de graptolites suivants :

Monograptus Nillsoni (Barr.) ; *M. latus* (Mac Coy.) ; *M. Linnæi* (Barr.) ; *M. convolutus* (Hisinger).

La *fig.* 5, Pl. X, donne, d'après M. Gonzalo y Tarin, la coupe de ce point.

Vers Hinojales, un autre gisement contient : *Rastrites peregrinus* (Barr.) ; *Monograptus priodon* ; *M. Nillsoni* et *Diplograptus palmeus* (Barr.).

2° Dans la *bande Sud*, les limites du silurien sont des plus difficiles à tracer, d'une part avec le terrain primitif, d'autre part avec le culm qu'il est impossible d'en distinguer par les caractères pétrographiques, des faciès identiques se reproduisant de l'un à l'autre étage, tandis que, d'un point à l'autre du même terrain, le faciès varie au contraire considérablement.

Les types sont généralement phylladiens et passent par des transitions presque insensibles à ceux qui ont été classés dans la partie supérieure du Primitif.

Nous avons traversé ce terrain depuis San-Domingos jusqu'à Tharsis : en quittant San-Domingos, on est

dans des schistes satinés d'aspect ancien, traversés par de nombreuses veines de quartz un peu transversales aux feuillets et alternant avec des grauwackes. Leur direction est N.-120°-E. avec des pendages en sens variables. En passant les rivières du Rio Chanza et du R. Cubica, on rencontre des faciès assez divers se rapprochant plus ou moins des schistes olivâtres du carbonifère et comprenant de nombreuses grauwackes. Puis, à la Puebla de Guzman, on rentre nettement dans les véritables phyllades roses et verts où l'on reste ensuite jusqu'aux environs de Lagunazo. Et, à partir de là, on ne sort plus de la zone métamorphique qui avoisine les filons de porphyre et les amas métallifères, zone comprenant de nombreuses variétés chloritiques, pyroxéniques, etc...

Sur la ligne d'Huelva à Rio-Tinto que nous avons également suivie, le silurien est constitué par des phyllades verts plus ou moins talqueux que l'on commence à voir après la station de Manantiales vers laquelle on a quitté les schistes carbonifères.

Ces phyllades verts sont dirigés N.-100°-E. avec un pendage très fort vers le Nord. Ils sont violemment plissés et contiennent de nombreuses veines de quartz analogues à celles que l'on trouve en si grande abondance dans les micaschistes.

A Berrocal, on traverse une masse de diabase qui dure un peu plus d'un kilomètre ; puis on retrouve des schistes ardoisiers verts encore inclinés vers le Nord qui durent jusqu'à Frailes où commence la multiplicité des filons de porphyre et le métamorphisme qui les accompagne.

Ces schistes et phyllades contiennent un certain nombre d'intercallations de grauwackes à grain très fin que l'on rencontre, par exemple, aux kilomètres 52, 62 et 64 de la ligne, et dont les caractères ont semblé à M. Gon-

zalo y Tarin indiquer un dépôt de mer profonde et tranquille.

Quelques bancs de calcaire avec des empreintes confuses de crinoïdes s'y rencontrent à l'Ouest auprès de Calañas. Les quartzites sont assez rares et ne se trouvent qu'en peu de points : à la Coronada, Lagunazo, etc.

En résumé, la coupe du silurien peut être considérée comme la suivante :

1 Ampélites avec graptolites.

2 Schistes plus ou moins feuilletés avec grauweekes.

3 Phyllades argileux souvent micacés avec ou sans néréites.

Les niveaux inférieurs 2 et 3, quoique très épais, n'ont jamais, en dehors des néréites, donné aucun fossile.

4° Carbonifère.

Le carbonifère n'est représenté dans la province d'Huelva que par l'étage du culm.

Il est formé de schistes argileux olivâtres à feuillets plus ou moins épais alternant avec des grauweekes grises, brunes ou verdâtres soit compactes, soit schisteuses. Son aspect général, en particulier dans le trajet de Pomarao à San-Domingos (Portugal), nous a rappelé de la manière la plus frappante les schistes et grès probablement du même âge qu'on trouve à l'Est de l'Allier, près Cusset, au-dessus des tufs porphyritiques du Culm, entre l'Ardoisière et Aronnes.

Sur certains points, en particulier dans la partie Nord, les faciès sont extrêmement analogues à ceux du silurien, d'autant plus que les actions métamorphiques ont eu pour effet de produire de véritables phyllades lustrés et satinés ; et il a fallu pour établir entre eux une distinction la découverte de gisements fossilifères à la Laja (Granado) ; au pont de la Meca (chemin de fer de Thar-sis) et en quelques points vers Alosno.

M. Gonzalo y Tarin a été conduit à diviser le carbonifère en deux sous-étages :

1° L'étage inférieur formé de schistes, phyllades et grauwackes à grain fin analogues au silurien ;

2° L'étage supérieur composé de schistes argileux à grain assez gros.

1° Le sous-étage inférieur est celui qui comprend tous les grands amas de pyrite.

On y a trouvé un certain nombre de gisements fossilifères.

A l'Est du village del Ventoso (*), un premier gisement renferme, dans des nodules en forme d'ellipsoïdes aplatis, des *Goniatites sphæricus* et des *Posidonomya Becheri*.

Près de Rio-Tinto, à Nerva, un nodule arrondi portait l'empreinte d'une *Posidonomya* indéterminable.

A Rio-Tinto même, on a trouvé entre les feuillettes d'un schiste argileux gris un grand nombre de fossiles : *Posid. Becheri*, *P. lateralis*, *P. constricta*, *Goniatites sphæricus*.

Dans la région Ouest, autour d'Alosno, les fossiles ont été assez abondants, surtout des *Pos. Becheri*, puis *P. Cortazari*, *P. Gonzalvi*, *Edmondia* (?) *Mac Phersoni*, *Orthoceras*, *Goniatites sphæricus*, *Streblopteria Egozcuei*, etc.

2° Le sous-étage supérieur contient un gisement assez important, près du ruisseau Boronal, à la rencontre du chemin de Castillejos à Huelva ; le fossile le plus fréquent y est toujours la *Pos. Becheri*.

Ce terrain carbonifère semblerait à M. Gonzalo y Tarin s'être déposé entre deux promontoires siluriens dans un golfe analogue à celui que figurent ses affleurements sur la carte, mais qui devait être assez profond pour que les céphalopodes qu'on y trouve aient pu y vivre.

Postérieurement à son dépôt, il a été considérable-

(*) Voir Pl. XII, fig. 1.

ment plissé et a subi, probablement à l'époque des venues pyriteuses, un métamorphisme notable.

Ce métamorphisme concentré dans la zone minière a été étudié en détail par M. Gonzalo y Tarin; il a eu pour effet sur certains points de produire de véritables roches cristallines comparables aux porphyroïdes.

Ainsi, entre les deux filons de Rio-Tinto, on trouve au contact du porphyre une roche schisteuse blanc verdâtre avec des cristaux de feldspath apparents. Les schistes au voisinage sont pénétrés par de l'oxyde de fer et contiennent de petits cristaux de fer oligiste, pyrite et quartz. Une roche semblable existe un peu plus au Nord à proximité du gisement de pyrite de la Peña également situé non loin d'un porphyre.

Généralement, au voisinage des masses de pyrite, le métamorphisme a produit un grand nombre de filonnets de quartz et quelquefois des masses de jaspé rouge manganésifère particulièrement abondantes près de Tharsis.

5° Le **trias**, comme nous avons eu l'occasion de le dire plus haut, n'est représenté, dans la région qui nous occupe, que par deux étroites bandes le long des côtes Sud et Ouest du Portugal. Le commencement de l'une de ces bandes, situé à la frontière d'Espagne, près d'Ayamonte, présente un intérêt spécial parce que les couches paraissent, d'après M. Gonzalo y Tarin, avoir été fortement plissées par une éruption de diabase dont elles peuvent servir à déterminer l'âge. Ce sont des couches discordantes avec le culm et sans fossiles, formées d'argiles bariolées avec chaux dolomitique.

Enfin, nous ne dirons que quelques mots des terrains tertiaires, sans intérêt pour l'étude que nous voulons faire des gisements métallifères.

6° Le **miocène** est essentiellement marin d'après ses fossiles et formé d'un calcaire caverneux à cassure inégale, généralement jaunâtre.

La plupart des fossiles qu'on y trouve sont déjà communs avec le pliocène : *Ostrea longirostris*, *Pecten latis-simus*, etc. ; une seule espèce est caractéristique du miocène, le *Clypeaster altus*.

Les couches, discordantes avec le culm, sont à peu près horizontales quoique très légèrement inclinées vers le Sud.

Elles semblent formées en mer peu profonde, à peu de distance de la côte et principalement de débris calcaires ou siliceux arrachés aux terrains préexistants. La chaux, chimiquement transformée par dissolution, paraît y être peu abondante.

7° Enfin, le **pliocène** est constitué par des arènes siliceuses ou calcaires et des argiles avec de très nombreux fossiles (*).

Passons maintenant aux **Roches Éruptives**, composées dans la province d'Huelva de granites à amphibole associés avec des syénites, de granulites (**), de microgranulites, porphyres pétrosiliceux, orthophyres et diabases.

Toutes ces roches présentent, de la manière la plus nette, une disposition en bandes allongées parallèles aux plissements, que l'on pourrait expliquer, dans certains cas, par un plissement postérieur à leur solidification, mais qui paraît ici, d'après les actions métamorphiques constatées, tenir plus simplement à ce que chacune de ces roches est arrivée à la fin d'un mouvement de refoulement ayant plissé les terrains qu'on lui voit traverser.

C'est ainsi qu'on trouve granites à amphibole, syénites

(*) Voir la liste dans l'ouvrage de M. Gonzalo y Tarin, p. 575.

(**) Je prends le mot dans son sens français de granite à mica blanc.

et granulites dans le silurien, microgranulites et orthophyres dans le culm; diabases également dans le culm et jusque dans le trias d'Ayamonte.

Les **granites**, assez restreints du reste dans la province d'Huelva, semblent, d'après les descriptions détaillées de M. Gonzalo, appartenir à deux types qu'il n'a pas cherché à séparer et qu'il considère même comme contemporains, mais qui, dans nos idées françaises, seraient véritablement distincts.

Le premier est formé d'un granite toujours un peu amphibolique qui passe par endroits à de véritables syénites et même à des diorites. Cette roche constitue des bandes dans le terrain primitif, le cambrien et le silurien. Lorsqu'on la rencontre dans le silurien, M. Gonzalo remarque à diverses reprises, par exemple à Santa-Olalla et à Navalacedro, qu'il n'y a, au contact, aucune trace de métamorphisme. En quelques points seulement, les schistes siluriens semblent avoir subi une action au contact : 1° au Sud d'Almenaster où les schistes voisins ont perdu leur stratification et pris sur plusieurs mètres d'épaisseur un aspect euritique; 2° à l'Est de Santa-Barbara, dans la zone métallifère, où le granite syénitique forme une série de pointements isolés au milieu de schistes métamorphiques qui, au contact, se chargent de calcite; enfin 3° à l'Est de la Granada, près la mine de la Conception, où les phyllades siluriens ont également subi une influence manifeste.

Le second type est celui de la Dehesa de la Torre au milieu du silurien qui serait pour nous une granulite.

Le granite franc, sans amphibole ne paraît pas exister.

En résumé, il paraît bien démontré que le granite à amphibole et la granulite ont fait leur apparition dans cette région postérieurement au silurien et probablement avant le culm qu'ils ne recoupent nulle part. Cette notion

d'âge est assez conforme avec celles qu'on peut acquérir en France, surtout si l'on remarque que les syénites semblent, dans les Vosges, un peu postérieures au granite ordinaire.

Après les granites viennent les roches confondues par M. Gonzalo, dans la partie stratigraphique de son ouvrage, sous la dénomination de **porphyres**. Ceux-ci, comme nous avons déjà eu l'occasion de le dire, se sont introduits par dykes Est-Ouest, entre les feuillets des terrains précédents, cambrien, silurien et carbonifère, précédemment plissés. A défaut de terrains plus récents, il semble donc permis de rattacher leur venue à la fin du grand mouvement hercynien qui partout a été accompagné d'éruptions de microgranulite (*).

Ces filons de porphyre Est-Ouest sont eux-mêmes à peu près tous localisés dans une bande assez étroite entre Aracena au Nord et Valverde au Sud, bande où on les trouve en relation intime avec les amas de pyrite de fer.

Dans toute cette bande on remarque en outre, aussi bien dans le carbonifère que dans le silurien, des phénomènes de métamorphisme en relation possible avec la venue de ces porphyres (**). M. Gonzalo a insisté sur ce fait qu'ils ne sont nullement restreints au contact des porphyres ou des diabases, qu'on les rencontre même en des endroits où aucun pointement de ces roches n'est visible, que d'autre part certains contacts en sont absolument dépourvus et qu'il y a lieu par conséquent de les

(*) Nous dirons plus loin que les diabases qui, aussi bien que les porphyres, accompagnent souvent les amas de pyrite, paraissent posttriasiques.

(**) Il est assez singulier que la traînée de porphyres qui forme des pointements si fréquents dans le silurien n'apparaisse guère qu'au voisinage de Rio-Tinto dans le carbonifère. Faudrait-il en conclure que quelques-unes au moins de ces roches seraient antérieures à ce dernier terrain ?

attribuer à des actions hydrothermales ayant représenté, à côté des porphyres, une autre forme ou une autre phase de l'éruption. Ces actions hydrochimiques expliqueraient également la formation des amas de pyrite de fer que l'on a considérés comme des gîtes de *départ* formés nécessairement au contact d'un filon de porphyre et qui nous sembleraient plutôt être le résultat d'une venue aqueuse métallifère injectée entre les feuillets de schiste postérieurement au porphyre, et résultant d'un départ, si l'on veut, mais d'un départ déjà accompli en profondeur; en sorte qu'au lieu de prendre la forme d'un filon d'injection, les mêmes matières auraient très bien pu, tout à côté, cristalliser sur les parois d'une fente étroite en filons concrétionnés (*).

(*) Quelques auteurs, dont von Groddeck (*Traité des gîtes métallifères*, traduction Küss, pp. 160, 424, etc.), ont décrit les amas de pyrite de Rio-Tinto comme *interstratifiés* et « entourés de schistes en stratification concordante ». Cette concordance n'est en réalité qu'approximative et s'explique aisément par les directions de moindre résistance créées à la suite d'un plissement. Il est vrai que, pour certains amas de pyrite d'autres pays, comme celui du Rammelsberg, dans le Bas-Harz, on paraît avoir démontré la contemporanéité du gîte et des couches encaissantes; il ne s'ensuit pas que tous les amas du monde aient dû se former de même. Si la région classique du Harz est, il est vrai, très analogue à celle de Huelva avec les mêmes roches (diabases et microgranulites), les mêmes terrains anciens et des actions métamorphiques analogues (voir un mémoire de M. Termier), les caractères de la pyrite du Rammelsberg sont, eux, très différents de ceux qu'on observe à Rio-Tinto. Au Rammelsberg en particulier, la pyrite épouse toutes les inflexions de la schistosité des couches encaissantes et présente elle-même des zones nettement parallèles à leur stratification; rien de semblable ne semble exister dans la région d'Huelva. Par contre, on peut remarquer en Espagne la relation des amas de pyrite avec des diabases, orthophyres, etc., qui, à San-Domingos et à Rio-Tinto, forment même une éponte du gîte. Or on sait combien est fréquente et intime au Chili, dans le Nassau, etc., l'association des minerais de cuivre avec des diabases et des diorites. De plus, de San-Domingos à Rio-Tinto, les terrains encaissants qui, notons-le bien, appartiennent là au silurien, ici au carbonifère, ont subi partout, dans la zone mé-

La description de la plupart des types signalés par M. Gonzalo y Tarín répond à des microgranulites, et ce sont en effet des microgranulites passant au porphyre pétro-siliceux que nous avons recueillies nous-même dans la région.

A Corterrangel, cette microgranulite se trouve dans les talcschistes sériciteux. Elle est formée d'une pâte euritique avec des cristaux de feldspath, de mica et d'amphibole.

Ailleurs, la microgranulite recoupe le cambrien : Dans la Sierra Bermeja, au contact des calcaires cambriens de la Sierra de la Nava et des schistes argileux, elle est rouge avec des cristaux apparents de quartz et de feldspath ; près la Cala, elle est verdâtre avec de grands feldspaths blancs ou rosés, atteignant trois centimètres ; dans la Sierra del Gandu, vers les Herrerias près de la mine de San-Telmo, et près de celle de la Cueva de la Mora, elle tourne au contraire au porphyre pétrosiliceux.

C'est ce dernier type que nous avons eu l'occasion d'étudier à San-Domingos, à Lagunazo, à Tharsis et à Rio-Tinto dans le silurien ; à San-Domingos on trouve, à quelques centaines de mètres au Sud du filon, une roche à pâte gris verdâtre avec des grains de quartz brillants qui, au microscope, apparaît formée de la manière suivante :

I. Quartz ; oligoclase enfermant des paillettes de mica noir.

II. Pâte calcédonieuse.

C'est une forme de microgranulite très voisine des porphyres pétrosiliceux.

tallisée, le même métamorphisme intense, phénomène évidemment corollaire de la venue filonienne des sulfures. Enfin l'allure en filons minces y coexiste avec l'allure en amas, etc., etc.

A Tharsis on trouve des roches analogues associées avec des roches neutres à microlithes d'orthose, analogues aux orthophyres qui contiennent un peu de quartz de première consolidation (*).

Près Rio-Tinto, la ligne de Huelva recoupe à quelque distance au Sud du village une microgranulite rosée à grands cristaux de quartz et d'oligoclase, à pâte en partie pétrosiliceuse contenant beaucoup d'épidote secondaire.

M. Gonzalo y Tarin signale en outre dans le voisinage comme formant la crête entre les deux filons de Rio-Tinto, un porphyre quartzifère à pâte euritique vert clair qui apparaîtrait rouge à sa partie supérieure là où il est en contact avec les chapeaux de fer du filon.

Dans la partie centrale du Cerro Colorado, nous avons rencontré à peu près constamment des roches quartzzeuses métarmophiques, appelées *pizarras*, souvent fortement rougies par de l'hématite, et dont quelques-unes, examinées au microscope, apparaissent formées uniquement de fragments de quartz blancs cimentés par une pâte rouge d'oxyde de fer. A la montée du Cerro Salomon, nous avons trouvé une porphyrite passant à la diabase analogue aux roches basiques fréquentes dans le carbonifère de ce pays et que nous allons définir plus loin. Enfin, sur l'éponte Nord du filon de San-Dionisio, nous avons recueilli en divers points des échantillons d'un orthophyre assez spécial et se rapprochant jusqu'à un certain point de la série acide microgranulitique, orthophyre où une pâte microlithique d'orthose contient exceptionnellement quelques cristaux de quartz avec inclusions liquides à bulle mobile paraissant appartenir à la première con-

(*) Ces orthophyres se rencontreraient, d'après M. Gonzalo y Tarin, presque toujours associés aux microgranulites et ne pourraient en être distingués comme venue.

solidation. Ces orthophyres, parfois d'un blanc verdâtre, deviennent le plus souvent d'un vert sombre en se surchargeant de chlorite. En un point, au contact de l'amas de pyrite, nous avons cru y remarquer des traces de dynamométamorphisme ayant déterminé la formation de trainées de sérícite, phénomène peut-être en rapport avec l'ouverture du filon métallifère.

Roches basiques :

Les roches basiques peuvent se diviser en roches amphiboliques et roches pyroxéniques.

1° Les roches amphiboliques comprennent des diorites et des diorites micacées ; 2° les roches pyroxéniques des diabases et des porphyrites pyroxéniques.

1° Les **diorites** sont concentrées dans l'étage supérieur des gneiss où elles forment (comme dans notre Plateau Central français) des massifs allongés au milieu des schistes plus ou moins amphiboliques. Elles contiennent comme éléments essentiels de l'amphibole et de l'oligoclase avec de l'orthose ; du labrador ; rarement du quartz ; très rarement du mica et du pyroxène ; comme éléments accessoires de l'épidote, de l'apatite et de la pyrite de fer ; enfin de la chlorite secondaire.

Certaines variétés se chargent assez de mica pour devenir des diorites micacées à rapprocher de certaines kersantites. Elles présentent à l'œil nu l'apparence d'une pâte qui ne se résout qu'au microscope.

2° Les roches pyroxéniques recoupent tous les terrains anciens de la région, y compris le trias d'Ayamonte.

Les **diabases** sont d'aspect très variable depuis des roches compactes et quasi porphyriques jusqu'à d'autres franchement cristallines. Elles sont généralement d'un vert plus ou moins foncé. Au microscope elles présentent toujours une structure ophitique, souvent même microolithique et passent alors aux porphyrites pyroxéniques.

D'une manière générale, ces diabases apparaissent

dans la même région que les microgranulites. Mais on peut remarquer que les exemples de microgranulites recoupant le carbonifère sont tout au moins très rares, tandis que pour les diabases ils sont des plus nombreux.

On peut citer particulièrement, comme riches en diabase, les environs d'Alosno et ceux de Zalamea où la calcite est assez abondante pour faire passer la roche à une spilite.

A Ayamonte, sur le bord de la Guadiana, un filon de cette roche qui est là presque noire, cristalline, avec une structure ophitique bien caractérisée, traverse même le trias.

Nous avons recueilli à San-Domingos, sur la paroi Sud du filon un bon type de cette diabase ; c'est une roche verte formée d'une pâte ophitique d'oligoclase entourant de grands cristaux d'oligoclase et d'autres de pyroxène généralement transformés en calcite. Les microlithes d'oligoclase y sont absolument enchevêtrés et tordus.

Certains échantillons pris en ce point sont remarquables à l'œil nu par de petits grains bruns saillants disséminés dans la pâte. Au microscope, ces grains restent constamment éteints dans la lumière polarisée comme une matière argileuse et montrent seulement quelques irisations de calcite secondaire.

Les **porphyrites pyroxéniques** sont constamment associées avec les diabases. Nous les avons rencontrées, en particulier, à Rio-Tinto, au Sud de la Mesa de los Pinos et au Sud-Est du village, vers les bassins de cémentation de Nerva.

Elles se composent d'une pâte d'oligoclase non plus seulement ophitique, mais réellement microlithique, entourant de grands cristaux d'oligoclase, de mica noir et de pyroxène, souvent transformé en calcite, passant en certains points, au diallage. L'épidote y est fréquente.

B. — Description des gisements métallifères.

Les gisements métallifères de la province d'Huelva sont compris dans la grande bande Est-Ouest dirigée de San-Domingos sur Séville et large d'environ 20 kilomètres, où se trouvent également les porphyres. Ils sont indiqués sur la carte ci-jointe (Pl. XI, *fig.* 1) par tous les noms imprimés en italiques.

Ce sont, de l'Ouest à l'Est, dans une première zone Nord, San-Domingos, Huerta de la Romanera, Gloriosa, El Carpto, San-Telmo et Poyatos; la Zarza, Cueva de la Mora, Agnas-Tenidas, San-Miguel, la Concepcion, la Poderosa, Chaparrito, la Peña, Rio-Tinto, El Castillo de las Guardias au Nord de Séville; Sotiel, la Joya et, dans une bande un peu plus au Sud, Lagunazo, Tharsis, El Guto, la Coronada, Azarosa, Menacillo, Buitron, las Herrerias.

En outre, plus à l'Ouest, cette zone se prolonge en Portugal par les amas de la Caveira (province d'Alemtejo) à 9 kilomètres de la petite ville de Grandola, près de la baie de Sétubal; à l'Est, on retrouve dans sa direction les exploitations de Cerro Muriano (province de Cordoue) et de Barrancanès, près de Séville.

Tous ces gisements se présentent dans des conditions très analogues, en amas allongés, généralement parallèles à la direction des feuillettes de schistes (qui est aussi celle des filons de porphyre), quelquefois légèrement obliques sur elle. Il paraît vraisemblable que les trois phénomènes : 1° de plissement du culm; 2° d'éruption porphyrique; 3° de formation métallifère, sont en relation les uns avec les autres et représentent les trois phases successives d'une même action. Nous ne décrirons que quelques-uns de ces gisements.

Gîte de San-Domingos.

La mine de San-Domingos se trouve en Portugal, à peu de distance de la frontière espagnole; l'exploitation y porte sur un grand amas de 500 mètres de long et de 60 mètres de large, ayant une direction générale parallèle à celle des schistes, c'est-à-dire N.-110°-E. et absolument vertical (voir Pl. XI, *fig.* 2).

Le plan ci-joint (Pl. X, *fig.* 6) donne la disposition des roches en contact immédiat avec le filon.

Au Nord, une région de schistes siluriens très régulière s'étend pendant plusieurs kilomètres.

Au Sud, on trouve d'abord une diabase F à structure ophitique que nous avons décrite plus haut, puis un peu de schistes; et enfin, à quelques centaines de mètres de distance, une masse de microgranulite P passant au porphyre pétrosiliceux.

Si nous examinons en détail les épontes, nous reconnaissons les faits suivants :

1° *Éponte Nord.* — Sur toute la longueur A se trouve une masse de schistes avec un peu de grès intercalé ayant subi un métamorphisme prononcé et rubéfiée par l'oxyde de fer. En se rapprochant de l'extrémité Ouest de l'amas, tout le contact apparaît formé d'une brèche quartzeuse à fragments de quartz anguleux, englobés par la pyrite et coupés eux-mêmes par des veines très minces de pyrite (*). Dans la partie la plus proche de l'extrémité, la roche blanche qui forme la brèche se raye à l'acier et des veines de quartz la traversent nettement, elle et la pyrite. Enfin, quand on arrive à la pointe C, on voit le

(*) Dans un mémoire présenté, en 1888, à l'Institut du génie des mines américain par M. Emmons, l'auteur, qui insiste beaucoup sur « les mouvements successifs se produisant le long des plans de fracture », décrit au Comstock des brèches semblables de quartz filonien recimenté par le minerai.

minéral, n'ayant plus guère qu'une dizaine de mètres d'épaisseur, formant un filon vertical entre deux salbandes d'une roche blanche jaunie à la surface, qui paraît un produit de métamorphisme des schistes encaissants.

2° *Éponte Sud*. — A l'Est, en D, l'amas de pyrite semble se fermer brusquement; mais des recherches plus complètes ont permis de reconnaître qu'il se transformait simplement en un filon très mince, ayant lui-même une série de renflements, comme le montre une figure jointe (voir Pl. X, *fig.* 7 à l'échelle du $\frac{1}{800}$).

Sur cette éponte Sud, il existe, entre les schistes et le gisement, une roche verte d'apparence éruptive, où le microscope permet de reconnaître une diabase ophitique, et qui souvent semble bréchiforme avec des noyaux violacés au milieu de la masse verte. Cette roche contient en un point H un grand nombre de fissures tapissées de cuivre natif avec des mouches du même métal. Elle présente également dans des fissures des parties violettes I, à petits grains saillants, probablement argileux.

Tout le long du gisement son métamorphisme est complet; elle forme alors une salbande blanche qui s'arrête à l'Ouest, en E, pour faire place aux schistes presque intacts arrivant jusqu'au contact.

En résumé, le gisement semble résulter du remplissage d'un bûillement des feuillets de schiste, bûillement accompagné pourtant de déchirure, puisqu'au Sud les feuillets sont nettement recoupés (*). La diabase est d'abord

(*) Il est possible qu'il faille voir, dans la cristallisation en masse et sans zones concentriques, de ces énormes gisements de pyrite, un cas assez particulier des formations filoniennes. Au lieu d'une circulation d'eaux thermales dans une fente relativement régulière et de profondeur indéfinie, il y aurait eu là une évaporation, dans une sorte d'immense vasque limitée en tous sens, d'une liqueur chaude recevant par des griffons étroits des émanations sulfurées et tenant, par suite, en suspension des sulfures

apparue; puis la fin de son éruption a été accompagnée de venues hydrothermales contenant du fer et du soufre en dissolution, qui ont exercé un métamorphisme au Sud sur la roche F, au Nord sur les schistes encaissants; du quartz qui a précédé ce dernier phénomène a été brisé par la continuation du mouvement de plissement et a formé une brèche le long de l'éponte Nord (B), brèche recimentée par de la pyrite et traversée à son tour de nombreuses veines siliceuses.

Étudions maintenant l'amas métallifère lui-même. Cet amas est formé principalement de pyrite de fer comprenant en plus faibles proportions des sulfures de cuivre, de plomb, de zinc, etc.

Il englobe des esquilles importantes de schistes restées au milieu de la venue hydrothermale. Dans sa partie centrale, ce schiste a conservé son apparence sans avoir été, ainsi qu'on aurait pu s'y attendre, blanchi par métamorphisme comme sur les épontes; il renferme seulement de très nombreuses veines de quartz; sur ses bords il a été absolument imprégné de pyrite et passe par des transitions insensibles à un minerai pur qui a gardé seulement, du schiste qu'il a pénétré intimement, une allure schisteuse.

Toute cette masse énorme est en somme dans toute son étendue très homogène et conserve constamment le même grain; on ne peut pas dire qu'il y ait une loi régulière d'enrichissement ou d'appauvrissement progressif soit du centre à la périphérie, soit même de la profondeur à la surface. Si l'on tenait à chercher une loi dans

de fer et de cuivre précipités. Cela avec corrosion des parois et peut-être jusqu'à un certain point substitution progressive de la pyrite au schiste encaissant, par un phénomène dont nous décrirons un peu plus loin un cas de détail. Certains filons couches du Tyrol, à Mitterberg, à Kupferplatten, etc., présentent en petit des cas assez nets de cette imprégnation de schistes par de la pyrite cuprifère qui s'isole en lentilles.

la composition, tout au plus pourrait-on considérer comme de même nature les bandes perpendiculaires à la direction du filon.

Le filon, principalement composé de pyrite de fer, contient, comme nous l'avons dit, accessoirement des sulfures de métaux divers : en particulier de 1 à 4 p. 100 de cuivre disséminé dans la masse ; il est arrivé tout naturellement dans la cristallisation que ces métaux, outre leur répartition générale dans toute l'étendue de la pyrite, se sont concentrés suivant certaines veines dans lesquelles il faudrait se garder, à notre avis, de voir des filons postérieurs (*) : veines de phillipsite et negrillo, par exemple, que les Romains ont soigneusement suivies par d'étroites galeries ; veines de galène et blende, rares, semble-t-il, ici, mais très nettes à Rio-Tinto.

Enfin, postérieurement à la formation du gîte, des influences diverses ont agi sur lui.

D'abord des actions mécaniques. Les traces de mouvements postérieurs se retrouvent dans des plans de glissement très visibles au milieu de la pyrite, et suivant lesquels celle-ci est polie comme une glace. Souvent, dans ces fissures mêmes des joints, il a cristallisé des plaquettes étroites de quartz.

Puis les actions superficielles ont joué leur rôle. On doit, croyons-nous, en voir un effet dans la présence, au milieu d'une boue qui emplit certaines fissures, de remarquables cristaux d'anglésite qui atteignent parfois deux centimètres (**).

(*) Cependant, en certains gisements, comme à Confessionario, on a cru remarquer, ce qui est possible, que ces métaux correspondaient à la dernière phase des émanations. Peut-être aussi y a-t-il eu concentration par sécrétion dans des fentes ?

(**) M. Lacroix a bien voulu étudier quelques-uns de ces cristaux rapportés par nous, et nous communique à leur sujet la note suivante :

« L'anglésite de San-Domingo est remarquable par la simpli-

Un peu de gypse s'est également déposé en profondeur par l'action très simple des sulfates sur la calcite.

Mais le phénomène le plus remarquable d'action postérieure des eaux est la formation au-dessus de chacun des filons de pyrite de la région d'un énorme chapeau de

cité de ses formes et sa belle couleur jaune. Les cristaux adhérents à la pyrite se sont en général librement développés et présentent fréquemment leurs deux extrémités. La forme la plus commune est le prisme m accompagné de la base p . Un fragment de cristal allongé suivant la zone ph^1 présentait en outre très développée la face a^2 . Malgré leur belle apparence, les faces donnent de mauvaises mesures au goniomètre à cause de nombreuses figures de corrosion et surfaces ondulées qui y sont fréquentes.

$$mm \text{ (sur } h^1) = 103^\circ, 45'.$$

$$pm = 90^\circ.$$

$$pa^2 = 141^\circ \text{ environ (goniomètre d'application).}$$

« Les cristaux sont tantôt allongés suivant la zone h^1g^1 , tantôt aplatis suivant la base. Ceux de cette dernière forme rappellent les cristaux bien connus de barytine.

« Les cristaux sont tantôt transparents, tantôt opaques. Leur couleur dans le premier cas est jaune madère, dans le second cas jaune de cire plus ou moins rougeâtre.

« L'examen des cristaux transparents fait voir que très souvent le cristal présente des bandes parallèles à la base et offrant des couleurs différentes, les unes jaune-foncé, les autres incolores. Dans d'autres échantillons, les cristaux sont formés d'enveloppes concentriques offrant ces mêmes variations de couleur. Il n'est pas rare de trouver un cristal opaque au centre, dont les faces pm sont recouvertes d'une zone transparente. Parfois l'inverse a lieu. L'examen de lames épaisses permet de se rendre compte de ces différents modes de distribution du pigment et de constater en outre que le minéral n'est pas polychroïque.

« Les clivages p et m ne sont pas faciles, mais ils sont cependant distincts. Le plan des axes optiques est parallèle à g^1 . La bissectrice est positive et perpendiculaire à h^1 . L'angle vrai des angles optiques (2V) déduit de la mesure de l'angle dans l'huile est de 66 degrés environ pour les rayons jaunes. Cette mesure ne s'est pas faite avec une grande précision à cause de l'interposition dans le cristal mesuré de petites lamelles du même minéral différemment orientées. La dispersion est $\rho < v$. Toutes les propriétés chimiques de l'anglésite normale peuvent se con-

fer hydroxydé qui en signale seul la présence à la surface.

Ce chapeau, limité au niveau hydrostatique, paraît avoir été produit par une combustion lente des pyrites ayant donné des résultats analogues à ceux de la cémentation naturelle, c'est-à-dire une dissolution presque totale du cuivre à l'état de sulfate de cuivre, et sa concentration partielle par réaction électro-chimique en certains points de la surface supérieure à l'état de *negrillo* ou oxy sulfure noir de cuivre. Le fer dans cette réaction a nécessairement passé à l'état d'oxyde.

L'analyse moyenne du minerai de San-Domingos a donné dans ces dernières années :

	1879	1880	1884
Soufre.	49,78	49,43	49,15
Arsenic	0,41	0,45	0,74
Fer.	43,27	42,97	42,78
Cuivre.	3,05	3,38	2,59
Zinc	0,31	0,34	0,26
Plomb.	0,70	0,31	0,26
Alumine	0,09	0,41	0,08
Silice	0,36	0,43	0,56
Manganèse	0,70	0,75	0,50
	98,67	98,47	96,92

Argent , une once par tonne.

Gîte de Lagunazo.

A Lagunazo (voir Pl, X, *fig.* 8 et 9), le gisement se compose de deux amas à la suite l'un de l'autre suivant la direction des schistes, l'un à l'Ouest, de 35 mètres sur 150 mètres, qui est exploité à ciel ouvert, l'autre plus à l'Est, seulement reconnu par les galeries souterraines. La direction de ces amas est Est-Ouest avec un pendage

stater sur le minéral de San-Domingos. Sa coloration jaune est due à une très petite quantité de fer.

« L'existence de l'anglésite dans ce gisement portugais a déjà été brièvement signalée par Solly dans le *Mineralogical Magazine*, vol. VII, p. 61 (1886). »

assez net vers le Nord, qui existe également dans tous les schistes du pays; un peu plus au Nord se trouve une bande d'orthophyre pyroxénique parallèle. Du côté Sud, à 50 mètres environ de distance, la présence d'un autre amas semblerait être indiquée par des traces de travaux antiques.

Le pays contient d'ailleurs un assez grand nombre de veines cuivreuses de 8 à 10 centimètres d'épaisseur, signalées à la surface par un peu de cuivre oxydulé et encaissées dans du quartz. Jusqu'à Tharsis, qui n'est qu'à 5 kilomètres de là et où se trouvent de nouveau d'importants amas, les traces de veines pyriteuses sont à peu près continues.

Si nous examinons en détail l'amas exploité, nous trouvons au Nord, c'est-à-dire au toit du filon, une salbande blanche formée de schistes décomposés; au Sud immédiatement, des schistes intacts. Un nerf de schiste assez important est intercalé dans la pyrite.

Cet amas était, comme tous ceux de la région, recouvert d'un chapeau de fer de 20 à 30 mètres d'épaisseur qu'on a dû enlever avant d'exploiter utilement; aujourd'hui on est descendu à 25 mètres au-dessous.

Le minerai est, de même qu'à San-Domingos, de la pyrite de fer contenant environ 3 p. 100 de cuivre et, d'après ce qu'on nous a dit, 75 grammes d'argent à la tonne, et 2 grammes d'or. Le cuivre sulfuré noir qui est en veines minces contient, d'après une analyse faite à l'École des mines sur un échantillon rapporté par nous, jusqu'à 17 p. 100 de cuivre; il y a 3 p. 100 d'arsenic. Comme à San-Domingos et peut-être plus nettement encore, il s'est isolé dans la masse des veines de sulfure de cuivre noir ayant au plus 0^m,60 d'épaisseur qu'ont suivies les galeries des anciens. Dans la partie Nord on trouve également des veines de galène et blende, la galène contenant jusqu'à 6 onces d'argent à la tonne.

Comme à San-Domingos également, un peu de cuivre natif se rencontre dans les schistes du toit, en dendrites dans des fissures.

Gîte de Tharsis.

Le gisement de Tharsis (voir Pl. X, *fig.* 10) comprend quatre amas, groupés à peu près suivant deux bandes Est-Ouest : au Nord le Criadero de la Sierra-Bouillonos et le Filon del Norte, au Sud le Filon del Medio et le Criadero del Sur (ce dernier inexploité). L'allure est la même qu'à Rio-Tinto, sauf que le porphyre fait défaut au contact de la pyrite. La longueur exploitée du Filon del Norte est de 600 mètres, et sa plus grande largeur de 140. Le Criadero de la Sierra, beaucoup plus aminci à son extrémité Ouest, se prolonge sur plus de 500 mètres et a 100 mètres de largeur maxima. Le Filon del Medio a environ 400 mètres de long.

Gîte de Rio-Tinto.

Le gîte de Rio-Tinto étant le plus important de la province d'Huelva, nous y insisterons un peu plus longuement.

La coupe ci-jointe (voir Pl. X, *fig.* 11) représente, d'après M. Gonzalo y Tarin, l'ensemble de la région.

Sur cette coupe on voit (cf. Pl. XII, *fig.* 1, plan général des travaux) : au Nord, du côté de la Dehesa, des phylades carbonifères ; puis, en se dirigeant vers le Sud, un premier massif de porphyre 3 ; un premier filon de pyrite 4' dit filon Norte ; une autre masse de porphyre 3', le filon de pyrite de San-Dionisio 4 prolongé à l'Est par celui du Sud ; des schistes carbonifères, fossilifères 2 ; enfin une dernière masse de porphyre 3". Une couche ferrugineuse est indiquée au-dessus du Cerro de las Vaccas, et de la Mesa de los Pinos (*).

(*) Cette coupe concorde avec celle donné par M. Cumenge, *loc. cit.*

Nous ferons seulement quelques observations sur ces divers points :

1° Pour ce qui concerne les porphyres 3, 3' et 3'' ; en 3' (Cerro Colorado et Cerro Salomon) toute la surface du sol est fortement rougie par un enduit ferrugineux et les roches ont subi un métamorphisme prononcé qui rend leur reconnaissance difficile. C'est particulièrement à l'Est du Cerro Salomon qu'il faut aller chercher l'orthophyre indiqué sur la coupe et décrit par nous plus haut ; au centre de la crête, la plupart des fragments que nous avons recueillis et que nous avons examinés en plaques minces étaient composés soit de quartz contenant des vacuoles hexagonales remplies par de l'hématite, soit d'une pâte d'hématite englobant des fragments de quartz.

Il en est autrement pour le porphyre 3''. Au Sud de Rio-Tinto nous avons trouvé en effet une zone de roches porphyriques où l'étude microscopique permet de reconnaître plusieurs types différents. C'est d'abord, du côté Ouest, vers la prise d'eau (*dique del Sur*) située au Sud de la Mesa de los Pinos, une roche verte que nous avons décrite plus haut comme porphyrite (ou orthophyre) pyroxénique.

Plus à l'Est, sur la voie du chemin de fer, on rencontre entre les bassins de cémentation de Cerda et les terreros de Naya, d'abord de la microgranulite passant au porphyre pétrosiliceux qu'on retrouve également en se dirigeant de Naya sur Nerva, lorsqu'on est sorti des schistes ; puis un important massif de diabase englobant des blocs de schiste de plusieurs mètres qui cesse pour faire place aux schistes 4 à 500 mètres avant Naya.

2° Des schistes carbonifères se montrent seuls sur la coupe. En réalité les schistes des environs de Rio-Tinto appartiennent à deux âges distincts : carbonifères à Rio-Tinto même et à Nerva ainsi qu'au Nord du Cerro-Colo-

rado vers la Peña, siluriens un peu plus au Sud. Les gisements de fossiles sont d'ailleurs très rares : près de Nerva (*) on a rencontré une *Posidonomya* indéterminable ; à Rio-Tinto même des *Posidonomya Becheri*, *P. lateralis*, *P. constricta*, *Goniatites sphæricus*, etc...

3° Quant à la couche ferrugineuse de la Mesa de los Pinos, c'est une nappe horizontale d'environ 3 à 4 mètres de puissance, formée d'une hématite assez riche et que l'on a un moment exploitée comme minerai de fer. On y a rencontré (**) des empreintes de feuilles et de fruits de pins pignons qui témoignent de son âge récent. M. Gonzalo y Tarin (***) la rattache au tertiaire sans préciser davantage.

Passons maintenant à l'examen des deux filons 4 et 4', dits filon du Sud (et San-Dionisio) et filon Norte. Nous parlerons d'abord du filon 4 ou filon du Sud qui est le plus facile à examiner, l'un des amas dont il se compose ayant été mis à nu par un gigantesque ciel ouvert. La *fig. 2*, Pl. XII montre l'allure de ce filon en coupe transversale. La *fig. 3*, Pl. XII donne le plan du découvert avec l'indication des divers étages.

Cet amas qui a un pendage Sud assez net, coupe un flanc de colline, plongeant également vers le Sud. Le fond du découvert actuel est environ à 150 mètres au-dessous de la crête Nord, à 80 mètres au-dessous de la crête Sud. Des sondages pratiqués au fond de ce découvert sont en outre restés pendant 80 mètres dans le minerai.

En plan les dimensions de l'amas principal sont de 550 mètres de long sur 100 à 120 mètres de large.

A l'Est de cet amas on a suivi son prolongement en

(*) Gonzalo y Tarin, t. I, 2^e partie, p. 500.

(**) Cumenge, *Note sur Rio-Tinto*, VII.

(***) *Loc. cit.*, t. I, 2^e partie, p. 478.

filon de B en C par 200 mètres environ de galerie, mais on n'a pas fait d'exploitation. A l'Ouest, au contraire, un filon d'une certaine largeur (filon San-Dionisio) est exploité souterrainement sur plus d'un kilomètre de long.

Nous examinerons successivement les deux épontes Nord et Sud, puis l'intérieur de l'amas :

1° **Éponte Nord.** — Les roches de ce côté sont assez difficiles à observer par suite du métamorphisme considérable qu'elles ont subi et du chapeau de fer qui couvre toute la surface. Au contact immédiat du filon on ne trouve en général qu'une roche quartzreuse et pyritifère résultant peut-être d'un métamorphisme exercé sur l'orthophyre du Cerro Salomon et prenant presque toujours, comme à San-Domingos, l'aspect d'une sorte de grès blanc poussiéreux, parfois d'une roche kaolinisée. C'est un excellent fondant que l'on emploie dans la métallurgie du cuivre où il a l'avantage d'apporter, en outre de la silice, le peu de métal qu'il contient. Cette roche est traversée à son tour par des veines minces de quartz qui ont dû accompagner la venue du filon. Par endroits on trouve, comme à San-Domingos, une véritable brèche de quartz cimentée par du minerai. Du côté Est, il existe, d'après M. Gonzalo y Tarin, de la microgranulite franche.

2° **L'éponte Sud** est formée de schistes qui n'ont été pénétrés et blanchis que sur une très faible épaisseur par les eaux sulfurées.

3° **L'amas de minerai** se présente sous forme d'une masse confuse exclusivement composée de pyrite sans quartz ni schiste intercalé, qui n'offre ni direction de cristallisation, ni signes de concrétion sur les épontes. Il est composé de pyrite de fer avec un peu de sulfure de cuivre, zinc et plomb, traversé par des veines de 10 à 20 centimètres de cuivre noir et de chalcoppyrite et recouvert, comme tous les filons du pays, d'un chapeau

de fer oxydé d'une vingtaine de mètres, aujourd'hui presque entièrement enlevé par les travaux.

Voici quelques analyses de cette pyrite, empruntées à un mémoire de M. Cumenge (p. ix) (*):

PYRITE destinée à l'exportation. Analyse sur un échantillon	PYRITE pour l'exportation Analyse sur une tonne	MINÉRAI DE FER de la Mésra de los Finos
Soufre. 48,00 Fer. 40,00 Cuivre. 3,42 Bismuth. " Plomb. 0,82 Zinc. traces Cobalt. " Chaux. 0,21 Magnésie. 0,08 Thallium traces Sélénium (*) " Arsenic. 0,21 Partie insoluble. 5,67 Oxygène. 0,09 Silice. " 98,50	47,76 43,99 3,69 0,37 0,01 0,24 0,05 0,23 0,07 traces traces 0,83 " " " " 1,99 Argent. . 40 ^{gr} à la tonne Or. . . . 892 ^{gr} —	Fer. 62,61 Oxygène. 26,00 Silice. 1,00 Perte au feu. 7,50 Soufre. 0,15 Phosphore. 0,006 98,268

(*) Ces traces de thallium et de sélénium qu'on retrouve dans l'acide sulfurique préparé avec les pyrites exportées sont dignes de remarque. L'acide sulfurique contenant du sélénium devient en particulier impropre au raffinage des lingots d'or et d'argent.

Une autre analyse a été faite à l'École des mines sur un échantillon rapporté par nous du cuivre sulfuré noir le plus riche qui se rencontre en veine dans la pyrite.

On y a trouvé :

Cuivre, p. 100	69,90
Antimoine, p 100	4,80
Argent aux 1.000 kilogrammes.	0,060

La teneur en cuivre du minéral peut ainsi varier depuis 1 p. 100 jusqu'à 75 p. 100 (**), et cette inégalité dans la ri-

(*) Voir d'autres analyses dans Roswag (*Métallurgie du cuivre*), p. 488.

(**) La proportion des minerais riches paraît avoir augmenté

chesse nécessite, comme nous le verrons, un triage très soigné sur le carreau de la mine. Avec un peu d'habitude on arrive aisément à juger à 1 ou 2 p. 100 près du cuivre contenu dans un échantillon donné, et cela d'après la couleur qui est très blanche dans la pyrite à 1 p. 100, jaune d'or à 5 ou 6, et noire à 10 p. 100.

Le filon San-Dionisio n'est pas, comme nous l'avons dit, borné à l'amas exploité actuellement à ciel ouvert. A l'Est, il est vrai, il semble s'arrêter assez rapidement, mais, à l'Ouest, il se prolonge en filon plus mince exploité souterrainement. De ce côté, nous avons pu voir dans les galeries les deux épontes du minerai plus nettement peut-être qu'on ne le fait dans le découvert, et constaté également la présence, d'une part, de schistes, de l'autre, d'une roche blanche quartzeuse, qualifiée de porphyre à Rio-Tinto.

Enfin il existe, en outre de ce filon de San-Dionisio, un autre filon dit *filon du Nord*, qui est exploité souterrainement; sa largeur est en certains points de plus de 400 mètres, en moyenne de 150, et sa longueur reconnue de 2 kilomètres. Entre les deux filons, toute la masse rocheuse que l'on a traversée par une galerie de reconnaissance est à peu près partout imprégnée de pyrite.

Pour terminer ce qui concerne la géologie des filons de pyrite, nous dirons seulement quelques mots de quelques autres gisements présentant des particularités spéciales, mais dont la description détaillée nous entraînerait dans d'inutiles redites.

L'amas de *Confessionario*, exploité depuis 1886 par une compagnie française, a environ 500 mètres de long sur

d'une façon sensible à Rio-Tinto dans ces dernières années. La raison en est peut-être simplement que, dans les parties supérieures du gisement, les veines où ces minerais riches se concentrent avaient déjà été extraites par les Anciens.

100 mètres de large (*). Il est à peu près vertical et situé entre des schistes anciens au Sud, du porphyre au Nord (voir *fig. 4*, Pl. XII). Cet amas a cela de remarquable qu'il est composé exclusivement de pyrite de fer à 53 p. 100 de soufre et ne contient pas de cuivre ni d'arsenic (**). En outre, il est accompagné au Nord et au Sud, à une douzaine de mètres de distance, par deux venues de pyrite à peu près parallèles qui, elles, contiennent du cuivre. On a cru pouvoir en conclure entre les deux veines une différence d'âge peut être un peu problématique. La pyrite de fer serait arrivée en premier, puis la pyrite contenant du cuivre et enfin la galène et la blende, dont on trouve de nombreuses mouches dans les schistes au contact.

A la *Zarza* (dépendance de la compagnie du Tharsis), il n'y a pas, à proprement parler, d'amas, on exploite des schistes imprégnés de pyrite cuivreuse.

Enfin l'allure de filon mince se présente également.

Ainsi les gisements d'*Aguas-Tenidas* (***) n'ont que quelques mètres de puissance (****), et sont remarquables par leur forte teneur en cuivre atteignant 25 p. 100 par extraordinaire et en moyenne 5 p. 100.

Cette disposition en filon mince semblerait dominer aux extrémités de la zone métallifère : à *la Caveira*, sur l'Océan Atlantique d'un côté et de l'autre, aux environs de Séville.

(*) Renseignements empruntés à un mémoire inédit de M. Nadal, ingénieur des mines.

(**) La situation de cet amas à proximité de la ligne de Zafra à Huelva a permis de l'exploiter malgré l'absence de cuivre.

(***) Voir un rapport de M. Pernolet (1883).

(****) 8^m,75, 9^m,12, 13^m,57 aux effleurements des trois filons parallèles distants respectivement de 30 et 79 mètres.

TROISIÈME PARTIE

MÉTHODE D'EXPLOITATION

Les gisements de pyrite de fer de la province d'Huelva forment des amas considérables, homogènes et de dimensions relativement bien connues à l'avance ; aussi leur exploitation est-elle assez facile.

Jusqu'à ces dernières années, la méthode employée a toujours été l'attaque par travaux souterrains ; aujourd'hui l'on procède de préférence à ciel ouvert, en sorte que les découverts récents mettent à nu successivement tout le réseau des puits et galeries dont les filons avaient été perforés depuis l'antiquité et permettent ainsi d'en étudier le principe comme dans une coupe théorique.

Nous avons eu l'occasion de dire plus haut quelques mots des travaux romains ; ils se reconnaissent aisément à l'exiguïté inouïe des puits souvent très profonds et des galeries qui suivaient toutes les sinuosités des veines de cuivre gris. On y retrouve d'ailleurs fréquemment des roues, des boisages, des câbles, etc.

Superposés à ces premiers traçages, se montrent les vestiges de l'exploitation souterraine continuée un peu partout jusqu'à ces vingt dernières années. La méthode employée alors et que l'on applique encore sur certains points à Rio-Tinto était des plus simples ; c'était celle de toutes les grandes carrières, l'abatage sans remblai par piliers abandonnés. Nous insisterons seulement sur les travaux à ciel ouvert actuels pour lesquels plusieurs cas peuvent se présenter :

1° Le filon peut former lui-même le flanc d'un coteau comme c'est le cas à la Peña (près Rio-Tinto) (Pl. XII, *fig. 5*) ; il suffit alors de l'attaquer en gradins comme une carrière de pierre quelconque adossée à une montagne.

2° Le filon (Pl. XII, *fig.* 6) peut être séparé d'une vallée profonde par une colline assez étroite pour être traversée au besoin sans trop de frais par des tunnels; c'est le cas de Rio-Tinto. On creuse alors une grande tranchée à plusieurs étages de 10 à 20 mètres de haut, en réunissant chacun de ces étages à la vallée par une galerie.

3° Enfin, le cas le plus difficile est celui où, l'amas se trouvant au milieu d'une plaine, on est forcé de faire par des moyens mécaniques l'extraction et l'épuisement du fond de la tranchée jusqu'à la surface; c'est ce qui se passe à San-Domingos et Lagunazo.

Il est évidemment inutile d'entrer dans plus de détails sur le premier cas, mais nous devons décrire ce qui se fait dans les deux autres, à Rio-Tinto et à San-Domingos.

Méthode d'exploitation à ciel ouvert de Rio-Tinto.

L'exploitation à ciel ouvert de Rio-Tinto porte, comme on l'a vu, sur un renflement elliptique situé dans la partie Ouest du filon de San-Dyonisio, appelé le *filon du Sud*.

Les dimensions de cet amas sont, nous l'avons dit (voir Pl. XII, *fig.* 3), de 550 mètres en longueur et de 100 mètres en largeur, M. Cumenge, qui a essayé de cuber la partie de cet amas reconnue en 1882 (*), a trouvé, pour le minerai subsistant alors, 5 millions de tonnes : ce qui, avec les 4.750.000 déjà extraites à cette époque, représentait un total de 9.750.000 tonnes.

Cette énorme masse que le gouvernement espagnol

(*) *Notes sur Rio-Tinto*, 1883, pièces annexes, p. XIII. Cette brochure donne plusieurs coupes transversales de l'amas. M. Cumenge a cubé au moyen d'une série de coupes de 25 mètres en 25 mètres d'une section moyenne en minerai de 3.313 mètres carrés.

avait exploitée jusqu'en 1875, par puits et galeries, était recouverte d'un chapeau ferreux de 25 à 30 mètres d'épaisseur que la société actuelle résolut d'enlever dès le début de son entreprise. On avait évalué d'abord les déblais à effectuer de ce chef à environ 3 millions de mètres cubes et la dépense correspondante à 0',43 par tonne de minerai ; en réalité, ce chiffre fut fortement dépassé ; on s'aperçut, en effet, bientôt que la masse du Cerro-Salomon, qui domine la tranchée au Nord, était minée par elle et pouvait présenter des mouvements dangereux ; en sorte que, vers 1881, on dut se résoudre à faire au flanc de cette montagne une large entaille. Ce travail, poursuivi, même la nuit, grâce à un éclairage puissant par trois énormes phares électriques et attaqué par des mines colossales, a été rapidement achevé. Aujourd'hui l'immense tranchée à ciel ouvert, qui a atteint 80 mètres de profondeur au-dessous de son bord Sud, 150 mètres au-dessous de son bord Nord, est exploitée par une série de gradins, distants en théorie d'environ 10 à 12 mètres, mais dont un certain nombre ont été supprimés, comme le montre le plan ci-joint (Pl. XII, *fig.* 2), ce qui porte la hauteur de certains gradins à 25 mètres.

Par suite de ces irrégularités, le nombre des gradins en exploitation est de quatre au Sud et de cinq au Nord en comptant pour un gradin le fond de la tranchée. Au-dessous, il y a encore trois étages pris souterrainement par piliers et galeries, qui constituent une préparation.

Chacun des gradins est muni d'une voie à section normale sur laquelle circulent des locomotives ; et trois tunnels aux étages 1, 2 et 3 du flanc Sud communiquent à travers la colline avec la vallée où se trouvent les installations métallurgiques. En outre, au fond de la tranchée, une machine à vapeur, logée dans une chambre au Nord du filon, opère par un plan incliné l'extraction des trois

étages souterrains; enfin, un tunnel placé dans l'axe du filon à l'Ouest amène le minerai abattu du filon de San-Dionisio, et tous les wagons s'en vont à l'extérieur par un dernier tunnel.

D'une manière générale, on cherche à enlever d'abord toute la partie Nord du filon jusqu'au fond du découvert sans toucher à la partie Sud, ce qui laissera plus tranquille ensuite sur les suites d'un éboulement possible de la crête Nord, entaillée aussi verticalement que possible.

Lors de notre visite, on était occupé, en outre, à isoler au moyen d'un grand mur, toute la partie Est du fond de la tranchée, et à l'Est de ce mur, qui servira de soutènement on versait tous les schistes abattus au toit. On pensait arriver ainsi par le passage des eaux à travers ces menus réduits en poussière à en retirer fructueusement le peu de cuivre qu'elles contiennent.

Le procédé d'abatage exclusivement employé est celui à la dynamite. Il est très strictement réglementé. Quatre fois par jour, à huit heures, à dix heures, à douze heures et à quatre heures, tous les ouvriers, sur un son de trompe, quittent la tranchée qui se vide instantanément, et des ouvriers spéciaux mettent le feu aux coups de mine qu'on voit ensuite partir tous à la fois.

Le minerai une fois abattu, est alors l'objet d'un triage attentif dont nous examinerons plus tard le principe quand nous parlerons de la métallurgie.

Quand il doit être envoyé à l'exportation, on le charge directement dans des wagons, genre Decauville, circulant sur une voie de trois pieds et demi qui, du front de taille, les conduit directement au quai d'embarquement à Huelva. S'il est destiné à être traité sur place, on le verse dans des wagons en bois plus petits, circulant sur une voie de deux pieds.

Quelques chiffres empruntés à M. Cumenge (*) peuvent donner une idée, nécessairement approximative, du prix de revient de cette exploitation à ciel ouvert :

Amortissement du <i>ciel ouvert</i> et des travaux au stérile rapportés à la tonne de minerai.	1 ^f ,00
Abatage d'une tonne de pyrite, main-d'œuvre, dynamite et surveillance (**)	0,80
Cassage, triage, chargement et transport.	1,20
Entretien des outils, du matériel et de la voie	0,50
	<hr/> 3 ^f ,50

Par suite des grands travaux nécessités par le ciel ouvert et d'une certaine augmentation dans le prix de la main-d'œuvre, ces prix doivent, il nous semble, être considérés aujourd'hui comme un peu inférieurs à la réalité.

Méthode d'exploitation à ciel ouvert de San-Domingos et Lagunazo.

L'amas de San-Domingos (voir Pl. XI, *fig. 2*), a, sur une coupe horizontale à 47 mètres de la surface, 600 mètres de long sur 60 de large.

Son exploitation est restée jusqu'en 1867 entièrement souterraine. Elle s'opérait alors par trois étages : le premier à 12 mètres, le deuxième à 28 mètres, le troisième à 52 mètres avec des puits communiquant d'un étage à l'autre. On évaluait à cette époque le cube de minerai extrait par les anciens à 150.000 mètres cubes, et par les modernes à 300.000, soit 450.000 mètres cubes ou deux millions de tonnes. C'est alors qu'on se décida à enlever

(*) *Loc. cit.*, p. 39.

(**) Un piqueur, payé de 2 francs à 2^f,50 à San-Domingos, environ 3 francs à Rio-Tinto, peut abattre une trentaine de tonnes par jour.

le chapeau de fer stérile qui avait 32 mètres d'épaisseur.

Aujourd'hui, tout le travail est concentré dans une grande tranchée à ciel ouvert de 75 mètres de profondeur au-dessous de laquelle il y a encore quatre étages préparés par galeries souterraines. L'exploitation, à peu près identique à celle de Rio-Tinto, s'exécute par gradins en commençant par deux grandes fosses au niveau inférieur que l'on augmente progressivement jusqu'à les réunir.

La différence entre les deux méthodes est dans l'extraction et l'épuisement qui, par suite de la position du gîte, ne peuvent pas ici se faire par des galeries d'écoulement presque horizontales. On a alors établi dans le prolongement du filon deux tunnels inclinés de 300 mètres de long à l'extrémité desquels se trouvent des machines à vapeur. Dans le premier de ces tunnels passent les tiges des pompes actionnées par ces machines ; dans le second sont deux voies allant l'une au côté Nord de l'amas, l'autre au côté Sud et sur lesquelles s'effectue une traction par câbles. Les trains sont de trois wagons à la fois, pesant chacun 5 tonnes.

Enfin, à côté de ces deux tunnels, s'en trouve un troisième où circulent des locomotives qui vont directement aux deux étages supérieurs de 12 et de 28 mètres.

L'abatage à San-Domingos a lieu, comme à Rio-Tinto, à la dynamite.

Le triage n'existe pas, tous les minerais allant sans distinction à la cémentation naturelle. En revanche une mesure qu'on ne retrouve pas à Rio-Tinto et qui est motivée par le procédé métallurgique, consiste à arroser constamment le front de taille par des eaux que l'on recueille ensuite au fond, de manière à produire la dissolution progressive du cuivre.

A *Lagunazo* où les conditions de gisements étaient les

mêmes qu'à San-Domingos, on a employé la même méthode.

L'amas, dont les dimensions sont de 35 mètres sur 150, est attaqué par quatre gradins de 10 mètres de haut, dont deux dans le chapeau de fer, épais ici de 35 mètres, et deux dans le minerai. L'extraction s'opère : pour les deux premiers étages par des locomotives de huit à dix chevaux sur une voie de 0^m,60, pour les étages inférieurs par des tunnels placés dans le prolongement ouest du gîte.

QUATRIÈME PARTIE.

TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE.

Nous avons vu dans la partie historique de cette étude, par quelle longue série d'expériences et de tâtonnements s'étaient constituées à Rio-Tinto les méthodes métallurgiques employées aujourd'hui. Trois méthodes successives ont été distinguées : la première, celle de la cémentation dite naturelle ; la seconde, celle de la cémentation dite artificielle ; la troisième, celle de la fusion sur place des minerais riches combinée avec la cémentation des pyrites pauvres. Ces trois périodes historiques subsistent encore côte à côte, la cémentation naturelle à San-Domingos, l'artificielle à Tharsis et Lagunazo, l'artificielle avec fusion à Rio-Tinto, et nous allons les passer en revue successivement en allant de la plus simple à la plus complexe.

1^o Cémentation naturelle. Procédé de San-Domingos.

Le procédé de cémentation naturelle consiste dans son essence : *a.* dans l'arrosage à l'eau des pyrites pour dis

soudre le cuivre et l'argent à l'état de sulfates; *b.* dans la précipitation du cuivre et de l'argent des dissolutions précédentes par le fer. Cette méthode, qui ne nécessite pas le grillage préalable employé à Rio-Tinto, est toute indiquée en Portugal où la loi interdit celui-ci. Si quelquefois un décret récent qui le défend également en Espagne venait à être appliqué, il serait peut-être nécessaire de recourir à ce procédé, au moins en partie, à Tharsis et à Rio-Tinto (*).

a. Dissolution du cuivre. — La dissolution du cuivre contenu dans les pyrites est commencée, ainsi que nous l'avons dit plus haut, dès la mine même; là, constamment, des hommes sont occupés à arroser le front de taille avec des jets à assez forte pression; cette eau qui s'accumule dans le fond de la tranchée y séjourne également sur le minerai et de là on la remonte avec des pompes pour la conduire aux bassins de précipitation.

Mais ce n'est là qu'une partie secondaire de l'opération, les surfaces seules étant ainsi lavées tandis que l'action de sulfatation a besoin d'être très lente et progressive.

Le minerai est alors cassé en morceaux gros comme le poing (il est inutile de le réduire davantage), chargé sur des wagons et descendu par une pente naturelle dans un espace vide où il séjournera environ pendant une dizaine d'années. Là on le déverse à la suite de celui qui a été amené précédemment en une couche nivelée à la surface et dont l'épaisseur varie par suite un peu, suivant la forme du sol, entre 5 et 12 mètres. De place en place on coupe le tas par une rigole profonde de manière à établir un drainage des eaux et l'on ménage dans toute

(*) La difficulté, en présence de laquelle se trouve l'administration pour faire exécuter ce décret, provient de ce que, à l'époque où elle exploitait elle-même ces mines, elle pratiquait la calcination. Les compagnies qui lui ont acheté leurs concessions invoquent donc des droits acquis.

la hauteur une série de cheminées garnies de poteries qui serviront, en y descendant un thermomètre, à mesurer fréquemment la température.

Cela fait, l'opération est des plus simples et n'a de remarquable que les proportions dans lesquelles elle s'exécute, sur 3 millions de tonnes environ à San-Domingos. On trace à la surface des tas un réseau de tuyaux à embranchements rectangulaires, munis d'une série de lances et, pendant des années, on arrose le minerai accumulé en le piochant seulement de temps à autre pour l'empêcher de devenir compact et impénétrable. Les eaux qui circulent et se chargent des sulfates produits par réaction progressive de l'oxygène et de l'eau sur la pyrite sont recueillies et conduites à la cémentation. Puis, au bout du temps nécessaire, lorsque la proportion de cuivre ainsi enlevable a été extraite de la pyrite, c'est-à-dire lorsqu'il n'en reste plus que 0,25 p. 100 (au lieu de 2,8 p. 100 originellement), les tas sont abattus, chargés sur des wagons et expédiés soit en Angleterre, à Glasgow, à Liverpool, à Swansea, soit à Dunkerque, à Nantes, à Brême, à Lisbonne, etc., où l'on extrait le soufre que la cémentation naturelle a l'avantage de conserver et où l'on fait passer le résidu comme minerai de fer (purple ore ou blue billy) au haut fourneau. Le cuivre subsistant n'est compté dans les marchés que lorsqu'il en reste 0,45 p. 100. Quant à l'argent contenu, on n'en retire en somme, qu'un profit assez minime (*).

Il y a lieu seulement de remarquer que cette dissolution, dont le principe est si élémentaire, exige en réalité dans la pratique certaines précautions assez délicates que l'expérience seule a pu enseigner. Ainsi la tempé-

(*) On a employé à Widness, près Liverpool, divers procédés pour extraire l'argent et l'or, en particulier la méthode de M. Claudet, fondée sur l'emploi de l'iode de potassium et de zinc.

rature résultant de l'échauffement des tas demande à être bien réglée; car si elle est trop basse, le cuivre ne se dissout plus; si elle est trop élevée, l'excès de vapeur empêche l'accès de l'air, donc l'oxydation du cuivre, et, en outre, un peu plus de fer risque de se dissoudre. La température convenable, vérifiée souvent au thermomètre dans les cheminées en poterie dont nous avons parlé, doit être d'environ 100 degrés Fahrenheit. On conçoit que par l'arrosage plus ou moins abondant on soit maître d'agir sur elle.

De même cet arrosage doit être réglé en quantité pour pouvoir dissoudre le maximum de cuivre avec le minimum d'eau possible; ce qui nécessite un certain séjour de la liqueur dans la masse et certains temps d'arrêt permettant à l'oxygène de l'air de pénétrer dans la pyrite mouillée et poreuse pour la sulfatiser. Aussi analyse-t-on souvent l'eau qui sort au pied du tas et, si elle n'est pas assez enrichie, on cesse d'arroser la partie correspondante pendant quinze jours ou un mois.

La quantité d'eau nécessitée est considérable. On a dû construire pour ce service deux réservoirs, l'un de cinq millions de tonnes, l'autre d'un million et demi, dont le plus petit seul sert en même temps à la consommation du pays et à l'irrigation.

Quant à l'eau chargée de sulfate de fer qui a passé dans la série des bassins de cémentation, on la recueille dans des bassins de dépôt pour éviter l'empoisonnement permanent de la rivière et on profite des grandes crues du printemps pour s'en débarrasser.

b. *Précipitation du cuivre par le fer.* — Les eaux qui ont dissous le cuivre sont conduites aux bassins de cémentation, composés à San-Domingos de dix files contiguës de vingt-quatre bassins chacune ayant 4 mètres sur 4 mètres de section. Dans ces bassins, enduits d'asphalte pour éviter l'attaque des briques, on a entassé des gueuses

de fonte par lits alternativement dans un sens et dans l'autre. Le cuivre se précipite à la surface à l'état de *cascara* en même temps que le fer se dissout. Le nombre des bassins est déterminé de manière que dans le dernier se déposent les dernières traces de cuivre, en sorte que leur longueur totale dépend de la vitesse du courant d'eau. Au bout d'un mois environ on arrête un des bassins, on gratte à la surface des gueuses la *cascara* mélangée de rouille et de graphite de la fonte, puis on les réentasse en ajoutant la quantité nécessaire de fonte nouvelle et on fait revenir les eaux.

Dans cette opération, la partie difficile est de régler le débit de la pente de l'eau de manière à obtenir la *cascara* la plus pure et à dissoudre le moins de fonte possible. Généralement on admet que le courant doit être assez rapide. Quelques expériences de laboratoire faites à San-Domingos sur diverses qualités de fonte permettront de préciser par des chiffres les données précédentes.

Le poids initial de fonte placée dans l'eau chargée de

sulfate de cuivre étant de	1.863 ^r ,1
Était, après 1 jour, de	1.799 ,6
— 2 jours, de.	1.760 ,5
— 3 jours, de.	1.727 ,0
— 4 jours, de.	1.665 ,0
— 5 jours, de.	1.575 ,0
— 6 jours, de.	1.521 ,5

La quantité totale de fer consommé était alors de 341^{er},5.

Le poids correspondant de *cascara* précipitée était de 407 grammes à 91 p. 100 de cuivre ou de 370 de cuivre pur. En sorte que, avec une qualité déterminée de fer, on avait obtenu pour 1 de fer, 1,08 de cuivre : quantité encore assez variable avec la sorte de fonte, car une seconde qualité ne donnait que 1,01 ; une troisième, au contraire (fonte blanche), 1,27.

Quant au cuivre de ciment (*cascara*) obtenu, son analyse était dans l'un des cas :

Cuivre.	91,4
Oxyde de fer.	4,8
Silice	7,0

Bien entendu il s'agit là d'une expérience de laboratoire; en pratique, on n'obtient guère que du cuivre de cascara à 65 p. 100 de métal, et la consommation s'élève à 2 tonnes de fer pour une tonne de cuivre, tandis que théoriquement et par équivalent on ne devrait avoir que 0,86. Cela tient, comme on le sait, à la présence dans l'eau d'une certaine proportion de sulfate de sesquioxyde de fer que la fonte commence par réduire à l'état de sulfate de protoxyde et à la précipitation d'un peu d'oxyde de fer avec la cascara.

c. *Traitement de la cascara.* — Ce traitement que nous verrons prendre une réelle importance à Rio-Tinto est à San-Domingos réduit presque à rien. La cascara (riche à 65 p. 100) y est simplement séchée sur une sole chauffée en dessous, puis emballée dans des sacs de 45 kilogrammes chacun.

A Lagunazo on préfère opérer ce séchage dans un four à réverbère, ce qui a l'avantage d'éliminer une plus forte partie d'arsenic et de consommer moins de charbon.

En résumé la méthode de cémentation naturelle n'est plus employée à San-Domingos que parce que la réglementation portugaise l'exige; elle a l'inconvénient : 1° d'exiger un approvisionnement d'eau infiniment plus considérable, question grave dans la région d'Huelva; 2° d'immobiliser plus longtemps le capital représenté par le minerai; 3° surtout de nécessiter une dépense plus grande en fonte. Cependant, une fois le sacrifice consenti au début par la construction des réservoirs et par l'attente nécessaire pour que le roulement des tas s'établisse, on retrouve une certaine compensation dans la valeur du soufre conservé et l'avantage de ne pas empoisonner une étendue énorme de pays par les vapeurs

d'acide sulfureux qui, à Rio-Tinto, résultent du grillage à l'air.

2° Cémentation artificielle.

La différence entre la cémentation artificielle et la cémentation naturelle consiste dans l'addition d'une première opération qui est un grillage fait au moyen de tas dits *teleras*; en sorte que cette méthode comprend : *a.* grillages en *teleras*; *b.* arrosage du minerai grillé en *terreros*; *c.* précipitation du cuivre par la fonte; *d.* traitement de la *cascara*.

C'est la méthode universellement adoptée en Espagne : à Tharsis, à Lagunazo, à Rio-Tinto, à la Peña, etc. Nous dirons seulement quelques mots sur la façon dont nous l'avons vue pratiquée à Lagunazo, car nous devons la retrouver à Rio-Tinto perfectionnée par l'adjonction d'un système de chloruration simultanée (effectué en mêlant d'abord aux *terreros* du chlorure de sodium, puis aux *teleras* du chlorure de sodium et du bioxyde de manganèse) et nous nous trouverions entraînés par suite, si nous donnions ici trop de détails, à d'inutiles répétitions.

L'extraction annuelle de Lagunazo est d'environ 120.000 tonnes; mais, la mise en valeur de la mine ne datant que de 1882, le roulement n'est pas encore bien établi et la production annuelle du cuivre n'est que de 1.000 tonnes.

Le minerai contient en moyenne 2 à 3 p. 100 de cuivre et accidentellement jusqu'à 12 dans certaines veines minces; la proportion d'arsenic est de 3 p. 100, celle d'argent de 75 grammes à la tonne avec 2 grammes d'or. Certains minerais plombeux sont mis à part.

a. La calcination, faite au moyen de *teleras* analogues à ceux que nous décrirons à Rio-Tinto, est prolongée pendant deux mois.

b. La dissolution s'effectue d'abord dans des bassins, puis dans des tas dits *terreros*. On a remarqué en effet qu'en arrosant la pyrite grillée avec une liqueur ferrique, $1/8$ à $1/5$ du cuivre était dissous dès les dix premiers jours. On commence donc par soumettre le minerai dans des bassins à une série de lavages, durant : le premier douze heures, le second vingt-quatre heures, le troisième quarante-huit heures et ayant pour effet d'enlever de suite une forte proportion du cuivre contenu; puis, pour extraire le reste, on entasse la pyrite lavée en *terreros* et on la soumet à un arrosage sous pression qui dure, comme dans la cémentation naturelle, plusieurs années (*).

c. Les eaux sont alors conduites aux bassins de cémentation où le courant est très rapide et où l'on change le fer tous les dix jours; la proportion de fer consommé est de 1,70 pour 1 de cuivre.

d. Enfin l'on grille la cascara dans un four à réverbère où la consommation est d'environ 40 kilogrammes de charbon par tonne et il ne reste plus qu'à la mettre en sacs pour l'expédier.

3^e Méthode de Rio-Tinto. Cémentation artificielle avec chloruration des minerais pauvres et fusion des minerais riches.

La méthode la plus complète est celle de Rio-Tinto qu'il nous reste à décrire.

Dans cette méthode, nous aurons à remarquer deux

(*) L'eau nécessaire à ce lavage vient à Lagunazo d'un réservoir situé à 60 mètres au-dessus du barrage et où l'on est obligé de l'élever par une machine de 50 chevaux, ce qui représente par jour une consommation de 4 tonnes de houille ou 200 francs, soit par an 60.000 francs répartis sur 1.000 tonnes de cuivre et 80.000 tonnes de minerai lavé, d'où pour la tonne de cuivre un grèvement d'environ 30 francs.

perfectionnements essentiels apportés au système précédent de cémentation artificielle :

1° La dissolution du cuivre se fait à l'état de chlorure et non plus de sulfate. L'avantage est le suivant :

Lorsqu'on grille le minerai de Rio-Tinto, il se produit finalement un mélange de $\text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot 3\text{SO}^3$ et de CuOSO^3 . En précipitant la dissolution par le fer, celui-ci, avant de s'attaquer au cuivre, commence par ramener $\text{Fe}^2\text{O}^3 \cdot 3\text{SO}^3$ en FeOSO^3 . D'où une dépense de fonte considérable. Nous avons vu en effet que la consommation qui était de 2 tonnes de fonte pour 1 de cuivre dans la cémentation naturelle de San-Domingos n'était réduite à Lagunazo par grillage préalable qu'à 1.70. Au contraire, en dissolvant le sulfure de cuivre par une liqueur de perchlorure de fer, la pyrite de fer est peu attaquée et l'on peut arriver à ramener la dépense à une tonne.

2° Les minerais les plus riches sont soumis tout d'abord à la fusion au four à manche. Ces minerais sont, en effet, impropres au grillage, parce qu'il s'y forme des noyaux contenant trop de cuivre que l'arrosage est impuissant à dissoudre.

Nous allons décrire successivement chacune des opérations.

La première, qui n'est pas la moins importante, consiste dans un *triage* effectué sur les chantiers par des ouvriers spéciaux et ayant pour but de séparer les diverses sortes qui iront à des traitements différents.

On obtient ainsi cinq catégories :

1° Les minerais tout à fait menus, assez abondants par suite du déversement des wagons d'un étage à l'autre et dont on cherche d'ailleurs à augmenter la proportion, sont, après séparation au crible, conduits à un arrosage direct avec des liqueurs ferriques, modification du procédé Doetsch qui a l'avantage d'exiger une moindre consommation de fer et de s'appliquer à des matières

dont l'état physique rendrait difficile la pénétration de l'air et par suite l'oxydation.

2° Les minerais ordinaires de teneur inférieure à 2,75 p. 100 de cuivre vont à la calcination, à l'arrosage et à la cémentation.

3° Les minerais à 3,75 de teneur moyenne obtenus au besoin par mélange de diverses sortes (*) sont expédiés bruts en Angleterre et ceux à 4 p. 100 en Allemagne, leur richesse plus grande payant le transport plus coûteux. Ceux-là sont descendus par des trains de vingt-cinq wagons de 7 tonnes circulant à raison de six trains par jour dans chaque sens jusqu'au port d'Huelva où une magnifique jetée permet de charger au besoin quatre navires de 2.000 tonnes à la fois. Les navires qui ont apporté le charbon d'Angleterre trouvent là pour s'en retourner un excellent lest qui ne paye par suite qu'un fret assez faible, environ une douzaine de francs par tonne.

4° Les minerais exceptionnels au-dessus de 6 p. 100, trop riches comme nous l'expliquerons pour aller au grillage, sont fondus pour matte à Rio-Tinto ;

5° Enfin les minerais plombo-cuivreux, mis de côté à cause de leurs inconvénients dans le traitement ordinaire, n'ont été à notre connaissance l'objet d'aucune utilisation jusqu'ici.

1° *Traitement des menus. Procédé Daetsch modifié.* — Le procédé Daetsch qui permet, comme la méthode de San-Domingos, de supprimer le grillage, mais en réduisant par l'emploi du sel marin la durée de l'opération et la dépense en fonte, est appliqué pratiquement avec les modifications suivantes :

Sur la pente d'un coteau, au-dessous des teleras (tas

(*) Les minerais de teneur intermédiaire entre 2,75 et 3,75 p. 100, ou entre 4 et 6 p. 100, servent à faire ces mélanges.

de grillages) de Rio-Tinto, on a disposé un certain nombre de bassins :

1° Cinq séries de sept fosses ayant chacune 4 mètres de large sur 15 mètres de long et 1^m,25 de profondeur. Chacune de ces fosses est divisée en huit parties dans sa longueur par de petites cloisons formées d'une brique placée de champ et percée de trous sur lesquelles on met un plancher.

2° Plus bas et à côté, une seconde série de quatre longs bassins de 100 mètres de long, 2 mètres de large et 1^m,25 de haut.

Ces bassins servent sans distinction, les uns au traitement du menu par le procédé Doetsch, les autres au premier lavage des minerais calcinés ayant pour effet d'en retirer à peu près $\frac{1}{5}$ du cuivre contenu avant de les envoyer aux terreros de Naya.

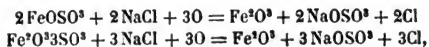
Les menus crus sont donc entassés dans ces cuves avec une certaine proportion de minerai calciné en blocs gros comme des noix et on soumet le tout à un lavage avec de l'eau, venant des grands terreros additionnés de sel marin, qu'on a recueillie au préalable dans des bassins. On lave pendant environ huit jours, puis les eaux vont à la cémentation, tandis que le minerai lavé est porté aux terreros de Naya. Cette méthode, un peu différente du procédé Doetsch théorique, tel qu'il a été décrit par M. Cumenge(*), nous paraît pouvoir s'expliquer par les réactions suivantes :

Le minerai grillé qu'on mélange avec le menu cru a été soumis dans les teleras actuels de Rio-Tinto à l'action simultanée du chlorure de sodium et de l'oxygène sous l'influence de la chaleur.

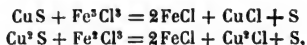
Les effets extrêmes du grillage simple sont CuOSO^3 , Fe^2O^3 et Fe^3O^3 , 3SO^3 ; mais, le grillage s'opérant en pré-

(*) *Loc. cit.*

sence du chlorure de sodium, il se produit nécessairement les réactions suivantes :



et le chlore ainsi obtenu donne avec les sulfures de fer et de cuivre des chlorures Fe^2Cl^3 et Cu Cl . En sorte que le minerai grillé contient FeOSO^3 , $\text{Fe}^2\text{O}^3 3\text{SO}^3$, CuOSO^3 , Fe^2Cl^3 et Cu Cl , avec un excès de Na Cl qui achève de transformer le sulfate de sesquioxyde $\text{Fe}^2\text{O}^3 3\text{SO}^3$ en Fe^2Cl^3 et que, dans les bassins où on le lavera avec le menu cru, il cédera ces divers corps aux eaux de lavage. Les eaux recueillies, après leur passage sur ces tas chargés de sel marin, contiennent en outre déjà des chlorures; d'autre part, dans le minerai, le cuivre existe à l'état de bisulfure CuS et de protosulfure Cu^2S . On doit dès lors obtenir



le perchlorure de fer dissolvant ainsi le cuivre en laissant la pyrite de fer presque inattaquée comme dans la théorie du procédé Döetsch. Il ne restera plus ensuite qu'à opérer la cémentation comme d'habitude.

2° *Traitement des minerais de moins de 2,75 p. 100.*

— La méthode appliquée à ces minerais qui forment la grande majorité de l'extraction est celle de cémentation artificielle avec addition de sel marin.

Elle comprend : *a.* grillage; *b.* lavage; *c.* cémentation; *d.* traitement de la cascara :

a. Grillage. — Le grillage se fait en teleras; les teleras sont de simples tas de minerai en forme de tronc de pyramide, ayant 3 mètres de haut et des dimensions de base variable, soit 6 mètres sur 8 mètres pour 800 tonnes de minerai, soit 9 sur 8 pour 1.200 tonnes.

A la base, on commence par ménager un certain nombre de carneaux couverts avec de gros blocs, 3 dans la longueur, 1 dans la largeur de 0^m,50 sur 0^m,50 qui servent à l'allumage et correspondent avec des cheminées verticales, 2 pour 800 tonnes, 3 pour 1.200 tonnes.

Au-dessus on charge le minerai en fragments un peu plus gros qu'une noix en le mélangeant à mesure avec une certaine quantité de sel marin (deux wagons, soit 14 tonnes, pour 800 tonnes de pyrite) et l'on en saupoudre les tas. Puis on met le feu avec un peu de bois et le grillage continue ensuite tout seul par la chaleur que développe la combustion du soufre. Il suffit de quelques surveillants pour une très grande étendue de teleras.

La théorie de l'opération est connue. Il se fait à la surface des fragments de pyrite une croûte de sulfates et au centre une concentration de cuivre en un noyau qui peut, si l'on n'y prend garde, devenir gênant pour la dissolution. D'après Gruner, l'explication de ce dernier fait est la suivante : la croûte extérieure devient, en se sulfatant par oxydation, plus poreuse et laisse passage à l'oxygène qui progressivement pénètre vers le centre du noyau non altéré. Cet oxygène, en brûlant le soufre, produit dans la zone intermédiaire entre la croûte et le noyau de la chaleur ; celle-ci a pour effet de transformer par simple calcination, le bisulfure primitif de la pyrite en FeS, d'où volatilisation de soufre reprenant à la croûte son oxyde de cuivre pour en faire du sulfure qui s'unit au FeS de cette zone intermédiaire en une véritable matte.

En sorte que le cuivre est sans cesse ramené dans cette zone de plus en plus rapprochée du centre à mesure que l'opération avance, et que finalement une grande partie du métal semble se concentrer dans le noyau central non altéré.

C'est même une conséquence de ce fait qui empêche de

soumettre au grillage des minerais très riches. La proportion des noyaux y serait en effet trop considérable et, comme on ne pourrait facilement les trier, il en résulterait une perte de cuivre.

Ce grillage, comme nous avons eu déjà l'occasion de le faire remarquer pour les autres opérations de principe très simple qui constituent la métallurgie du cuivre dans la région d'Huelva, demande dans la pratique des précautions assez grandes, dont les principales sont l'observation de certaines dimensions enseignées par l'expérience et le réglage de l'accès de l'air pendant la marche de l'opération.

Il est à peine besoin de faire remarquer les inconvénients énormes que présente cette méthode au point de vue de la santé publique, surtout depuis que l'addition de sel marin a ajouté du chlore à l'acide sulfureux. Ils ont provoqué récemment une grève dont la sanglante répression n'a peut-être calmé les esprits qu'en apparence. Aussi a-t-on cherché divers moyen de diminuer la production des fumées au voisinage du village qui, par les jours de vent d'Est, était devenu absolument inhabitable. Le plus simple a consisté à éloigner les teleras du côté Est vers Planès ; mais cela n'empêchait pas, bien entendu, la végétation d'être détruite à 5 lieues à la ronde : il fallait arriver à absorber l'acide sulfureux. C'est à quoi on réussira sans doute en partie par la construction commencée à Planès d'une immense chambre de plomb devant fournir, entre autres choses, l'acide sulfurique employé au lavage de la cascara et que la compagnie, par une anomalie bizarre, est aujourd'hui obligée d'acheter au dehors. Mais un procédé plus intéressant est celui qui consiste dans l'utilisation faite à Naya, sur une grande échelle, de l'acide sulfureux pour hâter la sulfatation.

A cet effet, on a installé à Naya d'immenses champs de terreros d'une nature particulière où l'on reporte aujour-

d'hui peu à peu les anciens terreros soumis au lavage depuis de longues années. Nous en reparlerons à propos de la dissolution du cuivre.

b. Dissolution du cuivre. — Le minerai, après avoir été soumis au grillage, est aujourd'hui en partie, comme nous venons de le voir, lavé dans des bassins, de manière à dissoudre aussitôt $\frac{1}{5}$ du cuivre contenu. Puis le tout est formé en tas dits terreros.

Les anciens terreros se trouvaient très près de Rio-Tinto; aujourd'hui on les transporte peu à peu à une assez grande distance à Naya, où la méthode est alors appliquée avec ses perfectionnements les plus récents.

Là on utilise : 1° l'action de l'acide sulfureux pour hâter la sulfatation; 2° celle du sel marin et du bioxyde de manganèse pour produire des chlorures. La première des deux réactions est fondée sur le fait suivant : si on soumet un tas de minerai grillé ou même cru à l'action de l'acide sulfureux, celui-ci, en présence de la vapeur d'eau développée par l'échauffement du tas, produira de l'acide sulfurique réagissant sur la croute d'oxydes pour donner des sulfates.

Quant à l'action du chlorure de sodium et du bioxyde de manganèse, elle peut être de deux natures; en présence des liqueurs chargées de l'acide sulfurique dont nous venons d'expliquer la formation, le chlorure de sodium doit donner de l'acide chlorhydrique; d'où, avec le bioxyde de manganèse, du chlore, formant dès lors du perchlorure de fer qui dissout l'excès de sulfure de cuivre et de sulfure d'argent; en outre, il n'est pas impossible que le bioxyde de manganèse, en présence de l'acide sulfurique et sous l'influence de la chaleur, produise de l'oxygène libre qui agisse dès lors sur la pyrite.

Voici maintenant comment se fait l'application de ces principes : on commence par allumer une rangée de tele-ras à la façon ordinaire; puis, tandis qu'ils brûlent en

dégageant de l'acide sulfureux, on vient déverser dessus des minerais crus et d'autres grillés mélangés de 2 à 3 p. 100 de sel et de 2 à 3 p. 100 de bioxyde de manganèse (*). On forme ainsi un talus de 8 mètres de haut terminé par une surface horizontale qu'on divise au moyen de rigoles en carrés de 8 mètres de côté, entourés chacun d'une petite bordure pour retenir l'eau.

Le reste de l'opération s'effectue ensuite comme d'habitude, c'est-à-dire qu'on arrose les teleras pendant des mois et des années en recueillant à leur pied les eaux qui dissolvent peu à peu le cuivre. On a soin seulement de piocher de temps à autre la surface, pour l'empêcher de se durcir jusqu'à devenir impénétrable, de se métalliser.

c. Cimentation. — Les eaux qui ont passé dans les bassins de lavage et sur les terreros sont conduites aux bassins de cimentation qui occupent, à Rio-Tinto, une étendue considérable.

Les principaux se trouvent à la Cerda, près de Rio-Tinto. Ils occupent une longueur totale d'environ 400 mètres avec une différence de niveau de 4 mètres, donnant, par suite, un courant assez rapide. Ce sont une série de bassins de 100 mètres de long et 30 mètres de large, divisés en une dizaine de compartiments parallèles à la longueur, dans chacun desquels arrive une portion de la liqueur. Outre les irrégularités nécessitées par la forme du terrain, on paraît en avoir cherché d'autres volontairement en faisant faire des coudes brusques à la lavée. Il y a, d'ailleurs, un intérêt si réel à produire un ébranlement de l'eau, qu'autrefois, dans la région, on avait l'ha-

(*) Le manganèse forme des gisements importants dans toute la province d'Huelva et, en particulier, à Rio-Tinto même. Ce sont des filons de pyrolusite orientés parallèlement aux filons de pyrite de fer cuivreuse. A leur contact avec les schistes on trouve souvent une zone de jaspe rouge.

bitude de mettre sur la surface de l'eau des planches où l'on faisait sauter des gamins.

La fonte est placée soit en gueuses entassées, soit, lorsque les fragments sont trop réduits, en débris chargés dans des paniers. On utilise, en outre, toutes les vieilles ferrailles.

Tous les dix jours on retire ces barres de fer, à la surface desquelles s'est déposé le cuivre impur ou cascara, on les gratte et on recharge les bassins.

La proportion de fer consommé est réduite à un peu plus d'une tonne de fer pour une de cuivre.

En dehors des bassins de la Cerda, il en existe d'autres nouveaux à côté des terreros de Naya.

d. Purification de la cascara. — Le cuivre de ciment ou cascara, obtenu en grattant la surface des pièces de fonte, est généralement assez impur. Il ne contient guère, même sec, que 65 à 70 p. 100 de cuivre, le reste étant de l'oxyde de fer plus ou moins arsenical, du graphite provenant de la fonte, de la silice, etc. On le soumet alors, à Rio-Tinto, à une véritable préparation mécanique analogue à celle des minerais métalliques.

Toute la cascara commence par passer dans une cuve où elle subit un lavage à l'eau acidulée d'acide sulfurique ayant pour but de dissoudre les sous-sels de fer un peu arsenicaux sans attaquer le cuivre.

Puis on la jette dans des rigoles inclinées où il y a un treillis à mailles de 1 centimètre de large, simplement pour la débarrasser des gros morceaux de fonte qui auraient pu y rester mélangés.

Ces gros morceaux subissent alors un triage fait par des femmes et un nouveau lavage à l'eau acidulée, à la suite duquel les parties de cuivre vont rejoindre le reste de la masse.

Quant à la cascara qui a passé dans le tamis, elle est séparée par ordre de densité dans une longue cuve à

courant d'eau où se déposent successivement trois portions : *a.* la *cascara* (cuivre) ; *b.* la *grafita* (écailles de houille et de graphite venant de la fonte) ; *c.* une boue noire appelée *pucha*.

a. la *cascara* passe dans un cylindre incliné à toile métallique où elle subit un nouveau lavage à l'eau douce et se sépare encore en deux parties : de la *grafita* qui reste dans le cylindre et qu'on réunit à la précédente, du cuivre pulvérulent qui passe.

Après quoi le cuivre ainsi purifié est traité dans des bacs à pistons ordinaires et tombe de là, entraîné par un courant rapide, dans des auges pleines d'eau où se fait une nouvelle séparation par densité.

Il en résulte deux produits : .

Du cuivre au fond qu'il ne reste qu'à sécher sur une tôle chauffée en-dessous et de la *pucha*.

b. la *grafita*, recueillie dans des paniers à fond de toile métallique, est mise dans un compartiment d'une cuve divisée en deux parties ou l'on obtient un courant ascendant par un piston situé dans l'autre partie, c'est-à-dire dans un lavoir à mouvement relatif. Les secousses de l'eau séparent dans ces tamis : du cuivre qui reste au fond et de la *grafita* absolument débarrassée de cuivre qu'on utilisera seulement, comme nous le verrons, dans le lit de fusion des minerais riches.

c. La *pucha* ou partie la plus fine résultant de ces diverses opérations passe alors dans des *round buddle* convexes de 3^m,50 de diamètre, avec lavée arrivant au centre et quatre brosses en croix. Il se sépare alors une certaine quantité de cuivre qui reste près du centre et de la *pucha* tout à fait menue, dont on fait encore des boules qu'on sèche en tas, pour les envoyer au lit de fusion avec la *grafita*.

L'argent, dont nous n'avons pas parlé dans notre explication, reste pour la plus grande partie dans les *ter-*

reros. Le cuivre de ciment en garde pourtant un peu qu'on cherche actuellement à utiliser.

3° *Traitement des minerais riches.*

Nous avons expliqué comment les minerais riches, c'est-à-dire ceux qui contiennent plus de 4 p. 100 de cuivre, ne pouvaient plus être avantageusement traités comme les autres, par suite de la formation, dans le grillage, de noyaux de cuivre, qui ensuite résistaient à la dissolution.

Aussi, après les avoir grillés en *teleras* comme d'habitude, les passe-t-on au four à manche.

Cette opération se fait actuellement à Rio-Tinto dans deux fonderies : l'une ancienne, située à côté des *teleras* de Rio-Tinto ; l'autre nouvelle, située au Sud de la première, à l'extrémité de la colline appelée *la Mesa de los Pinos*.

1° *La vieille fonderie* comprend :

Un atelier de broyage, où l'on broie des schistes noirs destinés à faire des enduits de glaise, et des schistes blancs talqueux, dont la poussière est employée à garnir les petites cuves où l'on coule la scorie ;

Une grande machine soufflante de Robert Daglish, à deux cylindres verticaux, avec les cylindres soufflants directement au-dessus des cylindres à vapeur et le cylindre condensateur derrière ;

Et huit fours à manche en marche.

Le lit de fusion est à peu près le suivant :

450^{ks} à 600^{ks} de minerai riche grillé.

750^{ks} de vieilles scories espagnoles tenant 1 1/2 p. 100 de cuivre.

40^{ks} de minerai menu cru.

40^{ks} de quartz.

5^{ks} de grafit.

85^{ks} de coke.

1.370^{ks} à 1.520^{ks}.

Le minerai menu cru a pour but de donner le soufre nécessaire à la production d'une matte.

Le quartz pris aux éponges du filon et contenant par lui-même 1 à 2 p. 100 de cuivre est destiné à scorifier l'oxyde de fer du minerai.

Les fours à manche dans lesquels se fait l'opération ont 5 mètres de haut et une seule tuyère. Ils passent environ une charge par heure, c'est-à-dire environ 30 tonnes du lit de fusion, soit 12 tonnes de minerai par jour et fournissent : 1° 2 à 3 tonnes de matte contenant 38 à 40 p. 100 de cuivre (*) et une scorie pauvre rejetée tenant 0,4 p. 100 de cuivre.

La matte concassée en gros blocs est expédiée directement en Angleterre.

2° La *nouvelle fonderie*, qui représente les derniers perfectionnements, mérite qu'on s'y arrête un peu plus.

La disposition est légèrement différente.

Les fours à manche, au nombre de seize, sont munis chacun d'une petite machine soufflante.

Deux croquis ci-joints (Pl. XI, *fig.* 3 et 4) donnent leurs dispositions.

La hauteur du four, du gueulard au trou de coulée, n'est que de 3^m,25.

Il est composé de trois parties :

1° Une cuve supérieure AB de 1^m,80 de haut formée d'une double enveloppe, l'extérieure de 16 centimètres d'épaisseur en briques ordinaires, l'intérieure de 12 centimètres en briques réfractaires;

2° Au-dessous, une cuve en tôle annulaire BC de 0,70 de haut et de 0,15 de large à courant d'eau supportée tout autour par des tiges, ainsi que la première;

3° Enfin, à la base, une troisième cuve en tôle DE de

(*) Voir des analyses dans les *notes* de M. Cumenge sur *Rio-Tinto*.

mêmes dimensions entoure le massif de maçonnerie qui constitue la base du four de manière à éviter sa corrosion.

Sur la droite de la figure se trouve un avant-corps où viennent se rassembler les mattes et les scories après s'être écoulées par un chemin HILM à travers une ouverture I' de la cuve annulaire DE. La matte sort en K et la scorie en N. Le carneau P a pour but d'emporter les fumées de cet avant-corps.

Le vent est donné par huit tuyères passant entre les cuves BC et DE dans une ouverture de 0^m,10 de haut qu'on ferme avec un simple garnissage en mortier. Entre les cuves AB et BC il reste également une ouverture de 5 à 6 centimètres qu'on garnit de même.

Le type se rapproche en somme, avec quelques modifications, de ceux usités en Amérique.

Le lit de fusion est à peu près le même qu'à la vieille fonderie.

Minerai riche calciné	400 ^{kg}
Minerai siliceux et pyriteux cru	100 ^{kg}
Quartz	40 ^{kg}
Coke	80 ^{kg}
	<hr/>
	620 ^{kg}

La charge est plus faible en raison des dimensions plus restreintes du four. On passe environ 24 charges par jour, soit 14 tonnes de lit de fusion et l'on obtient une matte expédiée directement à l'étranger.

Ce procédé de fusion tend, depuis quelques années, à augmenter d'importance.

BIBLIOGRAPHIE

- Bible.** — *Macchabées*, I, ch. 8, VI, 2 et 3 : Rois III (v; ix, 11; x); Paralipomènes, II, IX, 21; Jonas, I, 3; etc...
- Strabon.** — Livre III, p. 924.
- Diodore de Sicile.** — Livre V, ch. 35.
- Pline l'Ancien.** — Liv. III, ch. III; liv. V, ch. xx; liv. XXXIII, ch. IV.
- Pomponius Mela.** — Liv. II, ch. vi.
- Silius Italicus.** — Liv. X, ch. 16.
-
1556. **Diego Delgado.** — *Rapport à Philippe II sur Rio-Tinto.*
1629. **Carranza.** — *El ajustamiento y proporcion de las monedas de oro, plata y cobre*, 1^{re} partie, ch. III, par. II (Madrid).
1634. **Rodrigo Caro.** — *Antigüedades de Sevilla*, liv. III, ch. 72.
1690. **P. Geronimo de la Concepcion.** — *Cadiz ilustrada*, liv. I, ch. x. Amsterdam 1690.
1726. **Rapport de Robert Shes**, le 23 mars 1726, à « la junta e individues de la compaignia de minas ».
1770. **Gensanne.** — *Traité de la fonte des mines* (préface). Paris.
1779. **Savot.** — *Recherches sur la métallurgie des anciens*, ch. VIII.
1810. **Héron de Villefosse.** — *De la richesse minérale*, t. I. Paris.
1818. **Agustin Martinez Alcibar.** — *Examen de antiguos trabajos de explotacion de minerales auríferos en Asturias.* (Revista minera, t. I, p. 33.)
1821. *Sur Rio-Tinto.* (Revista minera, t. I, p. 53 et 113. Madrid, 1821).
1823. **Fausto Elhuyar.** — *Relacion de las minas de cobre de Rio-Tinto.* (Revista minera, t. V, p. 3.)
-
1827. *Sur un four antique trouvé à Tharsis.* (Revista minera, t. IX, p. 303.)
1842. **Hæfer.** — *Histoire de la chimie*, t. I, p. 28. Paris.
1847. **Bauza.** — *Itin. geologico.*
1848. **F. de Botella.** — *Itinérario géologique de la rég. méridional.*
Cossio y Anciola. — *Minas de Rio-Tinto.*
Espinosa. — *Antigüedades de Sevilla.* Chapitre dernier.
Francisco de Lujan. — *Estudios y observaciones geologicas relativas à terrenos que comprenden parte de la provincia de Badajoz y de las de Sevilla y Toledo.* (Mémoire présenté à l'Académie des sciences de Madrid.)
1850. **Paillette.** — *Sur les gisements d'or d'Espagne.* Paris, in-8°.
1851. *Sur Rio-Tinto.* (Revista minera, 1851, t. II, p. 97 et 703.)

1852. A. Paillette. — *Recherches sur l'histoire et les conditions de gisement des mines d'or dans le nord de l'Espagne.* (Bull. soc. géol., 2^e série, t. IX, p. 482.)
1852. Torres Villegas. — *Cartografia hispano científica.* (Sur la constitution des mines romaines en Espagne), t. I. Madrid.
1852. Ezquerria. — *Memorias sobre las minas nacionales de Rio-Tinto* Madrid, 1853. (Cf. Berg und hüttenm. Zeit. p. 605).
- Justino Carillo Laso. — *Description de las antiguas minas de Espana.*
1856. D. Casiano de Prado. — *Mémoire sur les mines de Rio-Tinto.* Madrid.
1856. D. Antonio, L. Anciola et D. Eloy de Cossio. — *Mémoria sobre las minas de Rio-Tinto.* Madrid.
1857. Lan. — *Notes de voyage sur la Sierra-Morena, etc.* (Ann. des mines, 3^e série, t. XII, p. 609).
1857. Scherer. — *Histoire du commerce de toutes les nations.* T. I, p. 72.
1857. Petitgaud. — *Mémoire sur un nouveau procédé de traitement des minerais de cuivre en Toscane.* (Revue universelle de Cuyper).
1859. D. Ramon Rue Figuera (Ingeniero del cuerpo de minas). — *Ensayo sobre la historia de las minas de Rio-Tinto.* (Imprenta de la viuda de D. Antonio Yenes, plaza del Progreso, n. 13, Madrid).
1859. A. Picquet. — *Itinerario geologico.*
1859. Hausmann. — *Erzlager von Rio-Tinto.* (Jahrb. f. min., p. 88).
1861. Cotta. — *Die Erzlager Stätten Europas,* p. 432.
1861. Weltz. — (Berg und hüttenmänn. Zeitung, 1861, p. 266).
1862. *Observations sur la résistance du bois imprégné de sulfate de cuivre à la pourriture.* (Berg und hüttenm. Zeitung. 1862, p. 41).
1863. F. Schönichen. — (Berg und hüttenm. Zeitung. 1863, p. 200, 229, 233).
1864. *Les mines de cuivre de San-Domingos en Portugal* (Bull. ann. des mines, 6^e série, t. IX, p. 623).
1865. J. Thomas. — *Mines of Rio-Tinto.*
1868. Figueroa. — *Rio-Tinto.*
1872. *Notice sur la mine de pyrite cuivreuse de San-Domingos.* (Lallemand frères, imprimeurs, 6, rue do Thesouro velho). Lisbonne, 17 décembre 1872.
1872. Pattison. — *The pyrites deposits of Huelva.* (Geol. magaz., n. 2).
1873. F. Römer. — (Neues Jahrbuch f. Mineral, 1873, p. 256).
1874. *L'industrie minérale du Portugal.* (Cuyper, t. xxxvi, p. 430).
1874. A. Philipps. — *Éléments of métallurgie.* (Ch. Griffin, London).
1875. *Note sur Rio-Tinto.* (Zeitschrift d. Ver. deutsch Ing.).
1876. Delgado. — *Sobre a existencia do terreno siluriano da Bayo alemtejo.* Lisboa.
1876. F. Römer. — (Zeitschrift d. d. geol. Gesellsch. 1876, p. 354).
1877. *Sur Rio-Tinto.* (Mining Journal. 1877, p. 522).

1878. **D. Joaquin Gonzalo y Tarin.** — *Résumé de la description de la province d'Huelva.* (Boletín de la comision del mapa geológico, t. V, p. 311).
1879. **Maffei.** — *Economia minera.* Madrid.
1879. **Dareste.** — *Communication à l'Institut sur une table de bronze trouvée dans la mine d'Aljustrel (Portugal).*
1879. **Delgado.** — *Correspondance relative à la classification des schistes siluriens découverts dans le sud du Portugal.* (Jornal de sciencias math., phys. et naturaes, n. XXVI, p. 7, Lisboa).
1879. **Mac Pherson.** — *Sur la province de Séville.* (Neues jahrbuch, p. 930).
1879. **Von Groddeck.** — *Die lehre von den lagerstätten der Erze,* p. 160, 424, etc.
1880. **Caron.** — *Bericht über eine Instructions reise nach Spanien.* (Zeitschrift für das Berg Hütten und Salinenwesen, t. XXVIII, p. 108).
1882. **Collins.** — *On the minerals of the Rio-Tinto mines.* (Mineralogical magazine, t. V, p. 211).
1882. *Note sur Rio-Tinto.* (Engineering, and Mining Journal, 1882, vol. 34, n. 13).
1882. *Traitement des minerais à Rio-Tinto.* (Berg und hüttenmänn. Zeitung, p. 460 et 566).
Voir dans le même recueil quelques notes : 1872, p. 411; 1875, p. 67; 1884, p. 519, sur le percement d'un tunnel à Rio-Tinto; 1885, p. 246, sur la production de Rio-Tinto.
1883. **Cumenge.** — *Notes sur Rio-Tinto.* Chaix, Paris.
1883. **Pernolet.** — *Rapport sur les mines d'Agua-Tenidas.*
1883. **Wimmer.** — *Sur Rio-Tinto.* (Berg und hüttenm. Zeitung, 1883).
1884. **Grüner et Roswag.** — *Métallurgie du cuivre* (Encyclopédie chimique), p. 183, 261, 271 et XIII).
1884. **Barrois.** — *Comparaison des ardoises à nérites de San-Domingos avec celles de Bourg-d'Oueil.* (Annales Société géol. du Nord, 2 avril 1884).
1885. **Collins.** — *Sur les roches métamorphiques des environs de Rio-Tinto.* (Quart Jour. of geological Society, XLI, 1885).
1885. *Sur Rio-Tinto.* (Génie civil, t. VIII, n. 8, p. 116).
1886. **Aguillon.** — *Législation des mines.* (T. I, sur la législation des mines dans l'antiquité; et t. III, p. 241, sur l'ancienne législation espagnole).
1886. **Mac Pherson.** — *Comparaison des terrains cristallins d'Espagne et de Portugal.* (Bull. Soc. géol., p. 828).
1886. **Solly.** — *Sur l'anglésite de San-Domingos.* (Mineralogical magazine, t. VII, p. 61).
1887. **Deumié.** — *Note sur les gisements et l'exploitation des pyrites de fer cuivreuses de la province d'Huelva (Espagne),* par M. Deumié, ingénieur aux mines de Cueva-de-la-Mora. (Bull. Soc. ind. min., 1887, p. 827).

1887. **Delloue et Nadal.** — *Mémoire sur les gîtes de Confessionario et Cueva de la Mora.* (Manuscrit à l'École des mines.)
1887. **Gonzalo y Tarin.** — *Descripcion física, geologica y minera de la provincia de Huelva.* (Tome 1 : *Description physique et stratigraphie.*)
1888. **Davies.** — *Earthy and others minerals and mining*, p. 247, etc.
1888. **Rémaury.** — *La production du cuivre.* (Génie civil).
1889. *Statistique de Rio-Tinto.* (Revista minera du 16 mai 1889).
1889. *Engineering* (Nor. 1889).

Carte géologique d'Espagne et de Portugal, par M. D. Federico de Botella y de Hornos (1879).

LÉGENDE EXPLICATIVE DES PLANCHES X, XI ET XII.

Planche X.

- Fig. 4.* — Coupe verticale d'anciens travaux romains à San-Domingos, montrant la disposition des roues d'épuisement. (Échelle au $\frac{1}{100}$).
- Fig. 5.* — Coupe du Silurien, à Puerto de Buena-Vista. (D'après M. Gonzalo y Tarin).
- Fig. 6.* — Plan de l'amas pyriteux de San-Domingos. (Échelle au $\frac{1}{10000}$).
- Fig. 7.* — Plan de l'extrémité Est de l'amas de San-Domingos. (Échelle au $\frac{1}{1000}$).
- Fig. 8.* — Plan du gisement de Lagunazo. (Échelle au $\frac{1}{10000}$).
- Fig. 9.* — Coupe Nord-Sud du découvert de Lagunazo. (Échelle au $\frac{1}{1000}$).
- Fig. 10.* — Plan des amas pyriteux de Tharsis. (Échelle au $\frac{1}{10000}$).
- Fig. 11.* — Coupe Nord-Sud à Rio-Tinto. (D'après M. Gonzalo y Tarin).

Planche XI.

- Fig. 1.* — Carte géologique de la région d'Huelva, d'après M. Gonzalo y Tarin. (Échelle au $\frac{1}{100000}$).
- Fig. 2.* — Coupe longitudinale des travaux de San-Domingos en janvier 1888. (Échelle au $\frac{1}{1000}$).
- Fig. 3.* — Four de fusion pour minerais de cuivre riches à Rio-Tinto. Élévation. (Échelle au $\frac{1}{10}$).
- Fig. 4.* — Plan du four de fusion. (Échelle au $\frac{1}{10}$).

Planche XII.

- Fig. 1.* — Plan général des travaux de Rio-Tinto. (Échelle au 1:100,000).
Fig. 2. — Coupe verticale du filon du Sud à Rio-Tinto. (Échelle au 1:100,000).
Fig. 3. — Plan du découvert de Rio-Tinto, filon du Sud. (Échelle au 1:100,000).
Fig. 4. — Plan du gisement de Confesionario. (Échelle au 1:100,000).
Fig. 5. — Exploitation d'un gîte à flanc de coteau (La Peña). Coupe verticale.
Fig. 6. — Exploitation d'un affleurement de plateau (Rio-Tinto). Coupe verticale.

TABLE DES MATIÈRES

	Pages.
1 ^{re} PARTIE. — HISTORIQUE	428
2 ^e PARTIE. — GÉOLOGIE	450
A. Constitution géologique de la région	450
B. Description des gisements métallifères	470
3 ^e PARTIE. — MÉTHODE D'EXPLOITATION	485
4 ^e PARTIE. — TRAITEMENT MÉTALLURGIQUE	491
1 ^o Cémentation naturelle. Procédé de San-Domingos	491
2 ^o Cémentation artificielle	497
3 ^o Méthode de Rio-Tinto. Cémentation artificielle avec chloruration des minerais pauvres et fusion des minerais riches. . .	498
BIBLIOGRAPHIE	512
TABLE DES MATIÈRES.	516

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. JEAN BAILLS

INGÉNIEUR DES MINES

Par M. Louis AGUILLON, Ingénieur en chef des mines.

On ne peut se défendre d'un sentiment de tristesse particulièrement pénible lorsqu'on voit disparaître, en pleine force, par un de ces malheurs qui semblent pouvoir être toujours évités, un ingénieur encore jeune, dont les travaux passés autorisaient à concevoir des espérances pour l'avenir; tel est le cas de Baills (Jean-Étienne), ingénieur ordinaire des mines de 1^{re} classe à Oran (Algérie) mort, à peine âgé de trente-huit ans, à Montereau (Seine-et-Marne), le 12 août 1889, au cours d'un voyage dans la Métropole.

Né à Bages (Pyrénées-Orientales), le 16 février 1851, dans une famille de situation très modeste, Baills s'était fait remarquer de très bonne heure par une intelligence précoce et éveillée. On l'envoya à treize ans achever ses études à Paris, et le lycée Charlemagne garde encore le souvenir de ses succès exceptionnels, dans les lettres comme dans les sciences, et surtout des couronnes nombreuses, parmi les plus appréciées, qu'il rapportait chaque année du concours général, dans l'un et l'autre ordre des matières, montrant ainsi une intelligence d'une étonnante vivacité et une aptitude à tout bien faire.

Après son passage à l'École polytechnique et à l'École des mines où il était entré comme élève-ingénieur en 1873, Baills fit, en 1876, son dernier voyage de mission en Espagne, pays qui devait naturellement attirer le Catalan qu'il était resté. Il rapporta de ce voyage une étude sur les mines de fer de Bilbao et le traitement direct par les procédés Chenot, qui fut jugée digne d'une insertion dans les *Annales des mines* (7^e série, t. XV, p. 209).

En mai 1877, ses obligations scolaires terminées, il prit possession à Oran de son premier poste d'ingénieur, qu'il devait conserver jusqu'à sa mort.

Deux ans de séjour dans un service étendu, de parcours difficile, au milieu de conditions bien différentes de celles de la Métropole, lui avaient à peine permis de commencer à se mettre au courant du pays et de ses coutumes lorsqu'il fut appelé à concourir aux travaux qui, sous l'impulsion de M. de Freycinet, alors ministre des travaux publics, allaient être entrepris de divers côtés en Algérie, dans le but de préparer les éléments de l'étude du Transsaharien dont M. Duponchel avait particulièrement contribué à lancer l'idée. Ce n'était pas seulement la recherche d'une ligne allant jusqu'au Niger dont on se préoccupait, mais aussi celle des lignes, de moins grande longueur, dites de pénétration, qu'il pouvait être utile, à plusieurs points de vue, de pousser vers le sud, sur les hauts plateaux et de là dans le Sahara, de divers points du Tell.

Parmi les missions constituées à cet effet, l'une d'elles fut confiée, par dépêche du 21 octobre 1879, à M. l'ingénieur en chef des mines Pouyanne pour l'étude de divers tracés dans le sud Oranais (*).

(*) Le compte rendu de la mission de M. Pouyanne a été publié en 1886 (1 vol. in-f°, Imprimerie nationale) sous le titre : *Documents relatifs à la mission dirigée au sud de l'Algérie, par M. Pouyanne. L'exploration et les travaux de Baills y font l'objet d'un chapitre spécial.*

Baills fut attaché à cette mission avec mandat d'organiser et de conduire une exploration chargée d'étudier à l'aller une ligne partant de Saïda et s'avancant autant que possible dans le sud du haut plateau, et au retour une ligne aboutissant à Ras-El-Ma. Ce fut dans le printemps de 1880 que Baills entreprit cette tâche rude et difficile en tout temps, et dont les circonstances augmentaient encore les difficultés ; il la remplit d'une façon particulièrement complète et brillante, non moins que fructueuse pour l'avenir, mais aussi au prix de bien rudes fatigues.

Parti de Saïda, point extrême où arrivait alors le railway de la compagnie Franco-Algérienne, Baills releva au théodolite une chaîne de triangles allant jusqu'à Méchéria, à 165 kilomètres au sud, pour revenir de ce point, qu'il reçut l'ordre de ne pas dépasser, en relevant une autre chaîne de triangles jusqu'à Ras-El-Ma, sur l'arête des hauts plateaux, où il put se rattacher aux levés que la compagnie de l'Ouest-Algérien avait poussés jusqu'en ce point. Ces levés topographiques et géodésiques, dont la précision a été ultérieurement constatée, permirent à Baills d'établir les tracés complets de deux voies ferrées, dont il remettait les avant-projets dès le mois d'août 1880, l'une de Saïda à Méchéria de 165 kilomètres de développement, l'autre de Méchéria à Ras-El-Ma de 135 kilomètres. Ces levés et ces tracés étaient complétés par une étude géologique sommaire de la région traversée et un relevé très complet des quantités et de la nature des eaux disponibles, chose essentielle dans ce pays de la soif.

Baills s'était plus particulièrement réservé, au cours de l'exploration, le soin de choisir les sommets des triangles ; il fallait chaque jour se porter en avant des opérateurs, faire installer les grands signaux portatifs qu'il avait imaginés et fait construire à cet effet ; le soir, rentré au campement, il contrôlait toutes les opérations de la

journée, il calculait les angles et les triangles pour ne se porter en avant que lorsque les calculs donnaient des vérifications suffisamment exactes. Il devait en même temps assurer l'approvisionnement de sa petite caravane dans un pays dénué de toutes ressources, et veillait à sa sécurité dans une contrée, infestée de maraudeurs, qui quelques mois après allait être inondée de sang lors de la révolte de Bou-Amema.

Aussi lorsque Baills fut décoré huit ans après, à la fin de 1888, beaucoup de ceux qui sont au courant des choses de l'Algérie pensèrent que cette décoration avait été bien gagnée depuis 1880.

Rentré à Oran, Baills reprit son double service des mines et du contrôle des chemins de fer; il s'en acquittait avec un soin attentif et consciencieux. Un rapport rédigé par lui à l'occasion de l'explosion d'une locomotive sur la ligne d'Alger à Oran parut assez intéressant et assez instructif pour être inséré *in extenso* dans les *Annales des mines* (8^e série, t. XIII, p. 137). Baills s'attacha plus spécialement à recueillir les données les plus complètes et les plus étendues sur les ressources minérales de la province. Aussi, quand l'Association française pour l'avancement des sciences vint tenir son congrès à Oran, en 1888, Baills put faire profiter ses membres de sa parfaite connaissance du pays; il publia à cette occasion deux notices (*) : l'une sur les sources thermales et minérales du département, avec 6 planches coloriées et une carte d'ensemble, forme un travail très complet et très intéressant; l'autre sur la géologie et la minéralogie du département est plus sommaire et demanderait peut-être à être revue pour quelques indications géologiques.

Baills était particulièrement préparé, par ce séjour

(*) 2 broch. in-8° chez Paul Perrier, à Oran.

relativement prolongé à Oran, par sa parfaite connaissance de toutes les choses de son service, à aider au succès de l'exposition que la province d'Oran organisait pour l'esplanade des Invalides; il fut désigné comme secrétaire du comité départemental, et il s'efforça d'enrichir personnellement les envois adressés à Paris. On pouvait voir au pavillon de l'Algérie, dans la section de la province d'Oran, trois cartes du département, avec cartogrammes, à l'échelle de 1/200000, dressées par lui, et relatives l'une à la production des céréales, la seconde à la production des vins, et la troisième indiquant tous les gîtes de substances minérales utiles ou utilisables, ainsi que les sources thermales et minérales. Cette dernière carte était complétée par une série d'échantillons, de grandes dimensions, des substances plus spécialement intéressantes, telles que les marbres onyx, les belles calamines et les curieuses phosphorites du Djebel-Toumaï. Une médaille d'argent de collaborateur devait personnellement récompenser Baills de ses efforts et assurer officiellement leur succès. Il ne se sera pas trouvé là pour en jouir; avant que le jury eût statué, il avait changé le poids de la vie d'ici-bas contre l'éternel repos de l'au-delà!

BULLETIN

DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR

PENDANT L'ANNÉE 1888.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE — forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
16 janv.	Blanchisserie à Co- mines (Nord).	Batterie de deux chaudières cylindriques horizontales reliées chacune à deux bouilleurs inférieurs par quatre communications basses, et reliées l'une à l'autre par un tuyau de 60 ^{mm} de diamètre. Chaudière n° 1 ancienne, achetée d'occasion en 1867. fréquemment réparée; soupapes de construction peu soignées, chargées pour la pression de 3 ^e , 3 seulement; capacité 8 653 litres. — Chaudière n° 2, construite en 1875; capacité 11 787 litres. — Timbre des deux chaudières: 3 ^e . Epreuve décennale en juillet 1884.	Une heure après le commencement du travail, le générateur n° 1 s'est ouvert au trou d'homme, le long de la génératrice supérieure, et a volé en éclats, quelques-uns lancés à plus de 100 ^m . Le générateur n° 2, y compris ses deux bouilleurs, s'est divisé en trois parties, projetées dans diverses directions. Les robinets du tuyau réunissant les deux générateurs ont été trouvés l'un partiellement ouvert, l'autre complètement fermé.	Quatre ouvriers tués, six personnes grièvement blessées. Dégâts matériels considérables.	État de fatigue du générateur n° 1, notablement affaibli par des corrosions et par des trous nombreux dans la partie supérieure de son corps principal. Surpression due au calage de ses soupapes et à son isolement accidentel du générateur voisin. L'explosion de ce dernier a été la conséquence de celle du générateur n° 1.
11 févr.	Gare d'Ilmon (Aisne).	Locomotive construite en 1865. En 1873, transformation du sécheur de vapeur en un réservoir de vapeur; puis épreuve pour 4 ^e 500. Le réservoir est un cylindre horizontal (longueur 2 ^m ; diamètre 0 ^m 50) relié au corps de la chaudière par une communication basse; ses fondes sont des tôles plates, embouties à leur bord sous un faible rayon, et d'épaisseur de 12 ^{mm} .	Le fond plat situé à l'avant de la machine, près de la cheminée, s'est déchiré exactement suivant la ligne d'embouillage, et n'est resté adhérent à un cylindre que sur 0 ^m 12 à sa partie inférieure; il s'est rabattu contre la cheminée, qu'il a légèrement faussée et dont il a déchiré l'enveloppe extérieure.	Dégâts purement matériels, peu importants.	Anciennes fissures existant à l'emboutissage du fond plat antérieur, et s'étant progressivement ouvertes sous l'influence des mouvements de déformation de ce fond.

22 févr.	Mégnisserie à Wimille (Pas-de-Calais).	Chaudière cylindrique horizontale à deux bouilleurs. Capacité 7.768 litres. Surface de chauffe 30 ^m ², 36. Timbre 5 ^e . Installée en 1869. Dernière épreuve en décembre 1880.	Pendant le travail, la tôle de coup de feu du bouilleur de gauche s'est ouverte sur 4 ^m , 88 de long, sans projection de fragments.	Léger déplacement du générateur; carreaux effondrés.	Accident paraissant dû à ce que le métal a été altéré par des coups de feu successifs.
27 févr.	Usine d'épauillage chimique, à Elebeut (Seine-Inférieure).	Chaudière cylindrique horizontale à deux bouilleurs. Capacité totale 5.905 litres; surface de chauffe 21 ^m ², 66. Diamètre des bouilleurs 0 ^m , 54; longueur 5 ^m , 65; épaisseur de la tôle 10 ^{mm} . — Construite en 1854. Dernière épreuve en mai 1882. pour 5 ^e , 500.	Pendant le travail, la tôle de coup de feu du bouilleur de gauche, ramollie par la chaleur et déjà amincie, s'est boursofflée, puis déchirée suivant sa génératrice inférieure, sur une longueur d'environ 0 ^m 25, et cela sous la pression de la vapeur d'une autre chaudière placée à côté dans un même massif.	Aucune conséquence grave.	Manque d'eau.
27 mars.	Teinturerie à Roubaix (Nord).	Chaudière cylindrique horizontale à fonds plats, du type Galloway, présentant à l'intérieur deux tubes horizontaux (longueur 2 ^m , 32; diamètre 0 ^m , 71; épaisseur de la tôle 13 ^{mm}), servant de foyers et suivis d'une chambre de combustion traversée par 25 petits bouilleurs tronconiques. Construite en 1884. Capacité 11.738 litres. Timbre 5 ^e .	Le ciel du tube-foyer de droite s'est affaissé à la deuxième visite, en formant une bosse très accentuée qui est descendue presque jusqu'à la grille, et s'est ouverte transversalement dans la partie où elle a rencontré l'autel.	Un ouvrier légèrement blessé. Dégâts matériels insignifiants.	Défaut d'alimentation, imputable à l'inattention ou à la négligence du chauffeur et de l'alimenteur.
28 mars.	Atelier de chaudronnerie à Lille (Nord).	Chaudière cylindrique verticale en fer, avec foyer cylindrique intérieur en fer, et tube à fumée unique, de 2 ^m de haut, 3 ^m d'épaisseur et 0 ^m , 32 de diamètre, le diamètre étant réduit à 0 ^m , 22 aux deux extrémités. Ce tube était réuni par des boulons, d'une part au fond supérieur, d'autre part au ciel du foyer, et il était entouré sur presque toute sa hauteur par une ailette hélicoïdale, formée d'une mince bande de fer de 0 ^m , 10 de large et 2 ^{mm} d'épaisseur, simplement en contact avec lui et n'étant soudée qu'à ses brides. Soupapes de sûreté réglées pour 5 ^e . Capacité 1.620 litres.	La chaudière a été mise en feu avant d'avoir subi l'épreuve légale. A la pression de 3 ^e , 3, le tube à fumée s'est écrasé à l'intérieur du ruban métallique hélicoïdal, en s'arrachant partiellement de ses brides.	Un chauffeur mortellement blessé, un autre légèrement atteint; en outre, deux personnes blessées. Dégâts matériels insignifiants.	Vice de construction constant: 1 ^o dans l'insuffisance d'épaisseur du tube à fumée qui s'est écrasé; 2 ^o dans l'emploi du cuivre, au lieu de fer, dans sa confection.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'appareil où l'accident était placé	NATURE - forme et destination de l'appareil - Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
19 avril.	Mines de la Grand'-Combe (Gard).	Locomobile type locomotive; capacité 1,472 litres. Timbre 0 ^e . Construite en 1874, réparée et éprouvée en septembre 1885. Longueur des tubes en laiton 2 ^m 555; diamètre inférieur 60 ^{mm} ; épaisseur normale 2 ^{mm} 5.	Pendant un arrêt, à l'heure du déjeuner, cinq ouvriers étant venus se réchauffer dans la chambre de chauffe, en face de la boîte à fumée, dont la porte était ouverte, le tube du milieu de la rangée supérieure s'est déchiré du côté du foyer, dans une partie où l'épaisseur n'était que de 0 ^{mm} 5.	Cinq ouvriers brûlés, dont un assez grièvement. Dégâts matériels nuls.	Usure d'un tube à fumée.
8 mai.	Tenturerie à Lille (Nord).	Chaudière horizontale cylindrique avec deux bouilleurs. Longueur du corps 3 ^m 15; diamètre 0 ^m 64; épaisseur 0 ^{mm} 5. Longueur des bouilleurs 3 ^m 55; diamètre 0 ^m 33; épaisseur 6 ^{mm} . Capacité 1,563 litres. Timbre 5 ^e . Achetée d'occasion en 1888. Épreuve décennale en septembre 1889.	Trois heures et demie après la fin du travail de la journée, rupture à la partie la plus basse de la dernière virule du corps principal, avec une ouverture de 7 décimètres carrés de section.	Dégâts matériels peu importants.	Amincissement extrême, au voisinage de la génératrice inférieure, d'une tôle d'arrière du corps principal, par suite d'un usage prolongé de la chaudière et de son alimentation au moyen d'eau de mauvaise qualité.
19 mai.	Bateau de pêche à Boulogne (Pas-de-Calais).	Chaudière cylindrique verticale à deux bouilleurs faisant mouvoir un cabestan pour relever les filets de pêche. Un robinet d'extraction étant cassé, on l'avait remplacé par une cheville en bois.	Accident arrivé en mer, sur les lieux de pêche. La cheville ayant été chassée par suite de la pression, eau et vapeur ont jailli par l'orifice du robinet cassé.	Chauffeur mortellement brûlé; deux hommes légèrement brûlés.	Remplacement d'un robinet d'extraction cassé par une cheville en bois trop étalée ou insuffisamment serrée.
1 ^{er} juin.	Station d'éclairage électrique à Paris.	Chaudière multibouillière du système Lagasse et Bouché, composée d'un faisceau incliné de 30 tubes bouilliers de 0 ^m 10 de diamètre et 3 ^m de longueur, avec réservoir d'eau et de vapeur au-dessus, renouveau d'eau d'alimentation et surchauffeur de vapeur. Capacité 1,960 litres. Timbre 10 ^e . L'eau était amenée à chaque indicateur de niveau (tube en verre) par un long tuyau dont l'extrémité formait branche verticale. de sorte que cette branche verticale, le tuyau adhérent et le tube de verre constituaient	Rupture à l'un des tubes bouilliers, sur 0 ^m 56 de long, avec 0 ^m 15 de battement maximum. En même temps, ouverture brusque de la porte de la boîte à tubes et de celle du foyer.	Chef mécanicien grièvement blessé; pas de dégâts matériels.	Abaissement excessif du niveau de l'eau résultant d'un fonctionnement défectueux des appareils d'alimentation. Vice de construction des appareils indicateurs, qui continuaient à laisser voir de l'eau dans les tubes de verre et à en donner par les robinets de purge alors que le niveau de l'eau était déjà abaissé d'une façon anormale. Accident aggravé par l'absence de moyens de fermeture à la porte du foyer, et par le mauvais état du boque-

22 juill.	Distillerie à Gray (Haute-Saône).	un sorte d'U, restant plein d'eau, quand la chaudière se vidait. Récepteur cylindrique vertical, servant à distiller les lies de vin; 2 ^m , 25 de hauteur; 1 ^m , 35 de diamètre, en tôle de cuivre rouge, de 1 ^m , 5 d'épaisseur, accouplé à un récepteur semblable par un tuyau en cuivre de 50 ^m de diamètre et de 1 ^m , 5 d'épaisseur, tous deux recevant la vapeur d'une petite chaudière Field timbrée à 6 ^m .	Rupture le long de la génératrice suivant laquelle la tôle du cylindre était arrafée et brisée; la paroi s'est décollée en se séparant des fond et le tout a été projeté non loin de là, en arrachant la tuyauterie.	Un ouvrier mortellement atteint; un autre légèrement contusionné. Dégâts matériels ne consistant guère que dans la destruction de l'appareil.	tage de la porte de la boîte à tubes.
23 août.	Usine à chaux hydraulique à Tronville (Meuse).	Chaudière cylindrique à un bouilleur et deux réchauffeurs latéraux.	Le chaudière serrait l'érou du robinet placé à l'avant du clapet de retenue sur le tuyau d'alimentation; à un moment, l'érou s'est brisé et le robinet est sorti de sa gaine; l'eau des réchauffeurs a jailli brusquement jusqu'à hauteur du plafond.	Chaudière mortellement brûlée.	Bris de l'érou du robinet au moment du serrage.
10 sept.	Moulin à blé, à Marquette (Nord).	Chaudière cylindrique horizontale avec dôme de vapeur et deux bouilleurs inférieurs. Capacité 21.600 litres. Timbre 3-300. Construite et éprouvée en 1876. Hauteur du dôme 0 ^m , 80; diamètre 0 ^m , 80; épaisseur 11 ^m , réduite à 7 ^m à la collette. Espacement entre deux rivets 33 ^m ; diamètre des rivets 24 ^m . En montant ce dôme sur le corps principal, on a reconstruit le boîtier.	En marche normale, il y a eu arrachement du dôme suivant sa ligne de rivure avec le corps principal; parmi les cassures allant de rivet à rivet, 23 étaient anciennes, 10 mi-partie anciennes et mi-partie fraîches et 23 seulement fraîches. Le dôme a été projeté à 22 mètres de distance.	Chaudière mortellement blessée. Dégâts matériels non considérables.	Qualité défectueuse de la tôle du réservoir de vapeur et mauvaise construction de l'appareil. Absence de surveillance par l'industriel ou par une personne compétente.
10 sept.	Battage de grains à Ciron (Indre).	Chaudière de locomobile dite du type à T, composée d'un corps horizontal grelé sur une enveloppe de foyer cylindrique verticale, et renfermant un faisceau de 24 tubes en laiton. Longueur du corps 2 ^m , 05; diamètre 0 ^m , 70; épaisseur 8 ^m ; hauteur de l'enveloppe du foyer 1 ^m , 10; diamètre 0 ^m , 90; épaisseur 10 ^m ; hauteur du foyer 0 ^m , 72; diamètre 0 ^m , 73; épaisseur 15 ^m ; longueur des tubes 2 ^m , 26; diamètre 0 ^m , 04; épaisseur 3 ^m . Construite en 1871. Epreuve légale en août 1883. Timbre 6 ^m .	Le chaudière, ne réussissant pas à faire démarrer la battéeuse, a fait tomber les courroies de transmission et activé le feu pour faire monter la pression. La chaudière a volé en éclats dans toutes les directions; le fond de l'enveloppe du foyer a été retrouvé à 250 mètres de distance. Toutes les lignes de rupture se sont produites dans des régions complètement saines et d'épaisseur normale.	Iluit hommes tués sur le coup et un mortellement blessé; quatre autres blessés. Dégâts matériels peu importants.	Excès de pression, imputable à l'imprudence et à l'incapacité du chauffeur et de l'entrepreneur de battage. Le manomètre était faussé, et les deux soupapes de sûreté calées.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'appareil où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
15 sept.	Lavoir à Clichy (Seine).	Chaudière cylindrique horizontale avec dôme de vapeur et deux bouillottes inférieures. Capacité 2.213 litres. Timbre 5°. D'origine inconnue. Placée dans le lavoir en 1873. Bernière éprouve en mars 1882. Longueur des bouillottes 2 ^m ,75; diamètre 0 ^m ,55; épaisseur de la tôle 10 à 11 ^m m.	Pendant le travail, le bouillier de gauche s'est ouvert au-dessus et au delà de la grille, suivant une génératrice située dans un plan diamétral incliné à 45° vers la droite; la déchirure avait un développement de 1 ^m ,22 et nullement maximum de 0 ^m ,27. Tôle non amincie sur les bords, mais paraissant avoir subi un fort coup de feu.	Dégâts matériels peu considérables.	Défaut prolongé d'alimentation provenant surtout de ce que le chauffeur négligeait de consulter les appareils indicateurs de niveau, et facilité aussi par l'état défectueux de plusieurs d'entre eux.
19 sept.	Battage de grains à Fourg (Doubs).	Chaudière de locomobile, composée d'un corps cylindrique horizontal de 2 ^m de long et 0 ^m ,75 de diamètre, avec dôme de vapeur, traversé par deux plaques tubulaires, par un gros tube-foyer de 0 ^m ,33 de diamètre intérieur, de 8 ^m m d'épaisseur, et par 20 autres tubes de 0 ^m ,05 de diamètre, servant de retour de flammes. Construite en 1879. Eprouvée le 20 août 1882. Timbre 7°. Le tube-foyer était formé d'une seule feuille de tôle, à structure franchement feuilletée; la grille (longueur 0 ^m ,63) était à 0 ^m ,19 seulement au-dessous du ciel du foyer.	Pendant un arrêt, la tôle du tube-foyer s'est déchirée en croix, à 0 ^m ,50 de la plaque tubulaire d'avant; la cassure transversale s'est étendue jusqu'au diamètre horizontal du foyer, l'autre jusqu'à proximité des deux plaques tubulaires en suivant la génératrice supérieure; sous l'influence de la pression de la vapeur, la moitié supérieure du tube s'est déformée. La porte du foyer, arrachée et projetée, a été tuée une personne.	Une personne tuée; une autre légèrement blessée. Incendie d'une grange.	1° Appareil défectueux, notamment en ce qui concerne la faible distance de la grille au ciel du foyer. 2° Il aurait fallu un chauffeur spécialement expérimenté et soigneux, ce qui n'était pas le cas.
24 sept.	Gare de Brioude (Haute-Loire).	Chaudière de locomotive.	Un tube s'est rompu, au moment où le chauffeur était en train de nettoyer le cendrier dans la fosse à piquer le feu.	Chauffeur grièvement brûlé à la figure et au cou.	Cause non reconnue.
4 octob.	Tintorerie à Roanne (Loire).	Récipient cylindrique horizontal, de 1 ^m ,35 de diamètre, fermé à l'avant par une porte circulaire en tôle du même diamètre, mobile autour d'une charnière verticale. La porte était épaisse de 10 ^m m, plane sur son pourtour et emboutie dans sa partie centrale sous une flèche de 0 ^m ,12; elle était renforcée sur son bord par une rondelle de 0 ^m ,18	Une fuite de vapeur s'étant déclarée entre deux boulons, le propriétaire resserrait quelques-uns d'entre eux avec une barre de fer, quand la porte a été projetée à 0 ^m en avant, la pression étant alors de 3°. Trois boulons seulement étaient cassés; les autres étaient intacts, mais la porte s'était	Le propriétaire de l'établissement a été tué sur le coup. Dégâts matériels peu considérables.	Accident dû surtout à l'insuffisance de résistance de la porte de fermeture du récipient, en regard à sa forme, à ses dimensions et au timbre de l'appareil. En outre, l'appareil a été présenté à l'épreuve légale dans des conditions absolument différentes de celles où il devait fonctionner.

23 octob.	Minoterie à Gibore (Basses-Pyrénées).	Batterie de deux chaudières cylindriques horizontales (2 ^m , 67 de long, 1 ^m , 32 de diamètre), chacune avec foyer inférieur et retour de flammes constitué par 33 tuiles en l'atton, le tout complété par un réservoir de vapeur commun. Capacité totale 5,326 litres. Timbre 4 ^e . Construite en 1866. En 1886, il a fallu rapporter, sur toute la longueur de chaque chaudière, à la partie inférieure, une pièce de tôle de 1 ^m , 10 de large.	de largeur et 17 ^m d'épaisseur, et s'appliquait, avec un boudin en caoutchouc, sur une bride en fonte qui terminait le corps du récipient, la pression étant produite par 18 boudins de 29 ^m de diamètre adaptés à charnière au corps cylindriques, et qu'on serrait avec des écrous à anneaux après les avoir rabattus dans des entailles de 0 ^m , 09 de profondeur, pratiquées sur le pourtour de la bride et de la porte. Timbre 4 ^e . Epreuve légale le 21 septembre 1888, mais en consolidant la fermeture d'une façon toute spéciale.	Quelques instants après la mise en marche, le chauffeur ayant fermé le robinet de vapeur et ouvert le griffard, une rupture s'est produite à la chaudière de droite, dans l'ancienne tôle, en dehors de la rivure, à droite et le long de la pièce rapportée ; en cet endroit, l'épaisseur n'était que de 4 à 5 ^m , et même de 2 ^m en un point. — Chaudière lancée à gauche et un peu en avant à 20 ^m , 80 ; l'autre chaudière et le réservoir intacts à 13 ^m et 10 ^m dans la même direction.	Chaudière tuée sur le coup. Débris matériels considérables.	Amincissement de la tôle de l'enveloppe extérieure, le long et en dehors d'une pièce rapportée en 1886. On ne peut pas dire, dans l'état des constatations faites, si d'autres causes ont contribué à l'accident.
8 nov.	Tissage à Granges (Vosges).	Cylindre d'encollouse de 1 ^m , 60 de long et 1 ^m , 32 de diamètre. Capacité 2,896 litres. Timbre 2 ^e . Construit en 1868. Epreuve en 1884. Paroi en tôle de cuivre de 2 ^m , 3 d'épaisseur, assemblée par des rivets en cuivre aux bords emboutis de deux fonds plats en tôle de fer de 7 ^m , 3 à 8 ^m , 3 d'épaisseur, ceux-ci étant reliés l'un à l'autre par 15 entretoises en fer, boulonnées sur les ailes libres de 10 cornières rivées, suivant des rayons, sur la face intérieure de chaque fond. Pour chaque assomblage, deux boudins de 13 ^m de diamètre, les trous étant situés à 10 ^m seulement des bords libres des cornières.	déformée (ovalisation dans le sens vertical, fléchée de la partie emboutie, portée de 0 ^m , 12 à 0 ^m , 25), ce qui lui a permis de glisser entre les écrous et la bride en fonte. Le bord et la rondelle qui le recouvre se sont rompus ou fissurés suivant les axes d'un assez grand nombre d'entailles.	Dégâts matériels peu importants.	Mode défectueux de liaison des deux fonds du cylindre (les boulons traversaient les cornières à une trop faible distance de leurs bords), et mauvaise qualité du métal des cornières, ce qui exposait celles-ci à se déchirer dès que, par suite d'un jeu survenu dans les assomblages boulonnés, l'effort de traction exercé sur les entretoises se répartissait entre elles d'une façon inégale.	

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE — Détails divers forme et destination de l'appareil	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSEQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
19 nov.	Distillerie à Ville-neuve-sous-Préfont (Jura).	Chaudière cylindrique verticale en tôle de cuivre de 2 ^m d'épaisseur : diamètre 0 ^m ,75 ; hauteur 0 ^m ,80, avec deux fonds enbouts et, à l'intérieur, quatre tubes à fûts verticaux, qui se recroisaient de façon à aboutir à sa paroi cylindrique. Épaisseur des fonds 2 ^m . Capacité 355 litres. Construite en 1807. Modifiée et éprouvée en 1889. Timbre 2 ^e .	Le fond inférieur s'est séparé brusquement du corps de la chaudière, la ligne de rupture suivant exactement une conférence de sa partie emboîtée, à 7 ou 8 centimètres de distance verticale de son point le plus bas. En plusieurs points, la tôle était profondément corrodée ou lûlée.	Dégâts matériels peu importants.	Épaisseur initiale insuffisante et surtout mauvais état de la tôle altérée par des surchauffes dans sa partie emboutie, et amincie par des corrosions.
27 nov.	Tissage A.S. Étienne-du-Rouvray (Seine-Inférieure).	Cylindre d'enrouleur, en cuivre rouge, de 1 ^m ,3 d'épaisseur ; longueur 1 ^m ,30 ; diamètre 1 ^m ,30. Fonds plats en tôle de fer de 4 ^m d'épaisseur, assemblés au corps par des cercles en fer et reliés l'un à l'autre par un seul entretoise en fer. Corps composé de quatre feuilles de cuivre, rivées suivant des génératrices, et consolidé par trois cercles intérieurs en fer à T. Capacité 2.195 litres. Installé en janvier 1887. Non déclaré ni éprouvé.	Presque au moment de la mise en marche, déchirure suivant en partie une des lignes de rivures, en partie une génératrice voisine : les rivets ont tous résisté, les feuilles de cuivre, en se développant, ont été déchirées dans le voisinage de leur assemblage avec les fonds du cylindre, lesquels ont été assez fortement déformés.	Un ouvrier assez grièvement blessé. Dégâts matériels peu importants.	Épaisseur insuffisante des tôles de cuivre rouge constituant le cylindre, lequel n'avait pas été préalablement soumis à l'épreuve légale.
3 déc.	Bateau « Vasier n° 1 » dans le bassin de la Joliette, à Marseille.	Chaudière prismatique, surmontée d'un bécaneau demi-cylindrique ; elle présentait trois foyers intérieurs dirigés perpendiculairement à l'axe du bécaneau, puis un faisceau de tubes par lesquels revenait la flamme. Vases verticaux plans de l'enveloppe consolidés par des entretoises et des tirants. Capacité totale 10 ^m 3. Construite en 1806. Rapécée en 1877-1878 et en 1883. Démontée, égarée, en décembre 1886. Timbre 1 ^{er} 340.	La chaudière étant mise en pression, il y eut rupture des deux flancs verticaux de tribord et de bâbord, par arrachement du métal entre les rivets, à la jonction des deux autres faces et du bécaneau demi-cylindrique. Chacun des flancs a été projeté, le premier en trois, le deuxième en deux morceaux, déterminés par des déchirures horizontales, ou à peu près, les unes en pleine tôle, les autres suivant des rivures situées à la limite de parties anciennes et de bandes rapportées en 1877-1878. Le reste de l'appareil n'a subi aucune dégradation.	Un homme tué sur le coup, trois mortellement blessés, trois autres moins gravement atteints. Le vasier a été presque coupé en deux et a coulé immédiatement.	Défaut de résistance des faces planes de tribord et de bâbord, par suite de corrosions intérieures, de l'insuffisance des armatures et de la médiocre qualité actuelle des tôles.

DATE de l'accident	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers	CIRCONSTANCES de l'accident	CONSÉQUENCES de l'accident	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident
28 déc.	Moulin à huile à Béziers (Hérault).	Chaudière cylindrique horizontale à fonds plats et dôme de vapeur avec tube-foyer horizontal à l'intérieur. Longueur du corps 2 ^m ,75; diamètre 1 ^m ,20; diamètre du tube-foyer 0 ^m ,70; intervalle de 0 ^m ,13 seulement entre sa génératrice inférieure et celle de l'enveloppe. Tube-foyer composé de trois tôles de 7 ^{mm} d'épaisseur, l'une formant le ciel du foyer, les deux autres se réunissant au-dessous de la grille par une ligne de rivets, et ayant été réparés en 1885. Capacité totale 2.219 litres. Timbre 3 ^e . Construite en 1838, ne fonctionnant qu'un mois par an. Réparée à plusieurs reprises. N'a pas subi l'épreuve décennale.	Pendant le travail, rupture du tube-foyer exactement à la jonction des deux tôles latérales, commençant à 0 ^m ,08 du fond d'arrière et s'étendant sur une longueur de 1 ^m ,82 jusqu'au droit de la grille. L'épaisseur n'était plus que de 4 à 1/2 et même 2 1/2 millimètres. Fourneau démolé. Générateur déplacé de 1 ^m ,70 vers l'avant.	Trois ouvriers tués et quatre personnes blessées, dont une grièvement. Dégâts matériels assez considérables.	Accident dû principalement au mauvais état de l'appareil (dépôts abondants accumulés entre le tube-foyer et l'enveloppe de la chaudière ayant entraîné l'altération des tôles inférieures du tube et leur insureté à l'intérieur; corrosions extérieures dues surtout à ce qu'il restait de l'eau pendant les chômages) et accessoirement à une surpression produite par une surcharge des soupapes.
29 déc.	Filature à Arches-lez-Hesdin (Pas-de-Calais).	Chaudière cylindrique horizontale, avec dôme de prise de vapeur, deux bouilleurs inférieurs (0,85 de diamètre) et deux réchauffeurs latéraux superposés. Capacité totale 35.290 litres. Timbre 6 ^e . Construite en octobre 1880.	Un quart d'heure après la mise en marche, déchirure du bouilleur de droite au-dessus de la grille, suivant une génératrice située à 0 ^m ,05 à gauche de la génératrice inférieure; grâce à deux autres déchirures transversales une bande de métal de 1 ^m ,08 de long et 0 ^m ,70 de large a été isolée sur trois côtés et, tournant autour du quatrième comme charnière, est venue s'appliquer contre le bouilleur de gauche.	Démolition complète des maçonneries de la chaudière et démolition partielle de celles de la chaudière voisine.	Surcharge de la tôle de coup de feu du bouilleur, provoquée vraisemblablement par l'accumulation au-dessus de cette tôle de débris provenant d'un nettoyage incomplet du générateur.
31 déc.	Bateau « Porteur n° 30 » sur la Seine, au Manoir (Eure).	Chaudière de la forme dite à tombeau, avec un double foyer inférieur aboutissant à l'arrière à une chambre de retour de flammes, et un faisceau tubulaire ramenant les gaz chauds vers l'avant. Fond plat postérieur de la chambre de retour de flammes relié à celui de l'enveloppe par 18 entretoises, disposées suivant cinq lignes horizontales. Capacité 3.113 litres. Construite en juillet 1892. Plusieurs fois réparée. Timbre 2 ^e .	La tôle du fond de la chambre de retour de flammes s'est déchirée autour des érous de la 4 ^e ligne horizontale, à partir du haut, situés au niveau de l'autel en face du tube-foyer de droite. L'une des lignes de rupture a complètement enveloppé l'érou correspondant, l'autre partiellement. Le générateur s'est simplement vidué dans le foyer de droite par les deux déchirures ainsi produites.	Chauffeur et mécanicien légèrement brûlés. Pas de dégâts matériels.	Mauvais état d'entretien (corrosions profondes au fond d'arrière de la chambre de retour de flammes; dépôts abondants accumulés entre ce fond et celui de l'enveloppe). Rupture favorisée par la suppression, déjà ancienne, d'une entretoise. Il est regrettable que le fond d'arrière de la chambre de retour de flammes n'ait pas été consolidé par un plus grand nombre d'entretoises perforées.

RÉSUMÉ

RÉPARTITION DES ACCIDENTS

	NOMBRE	TUÉS	BLESSÉS (*)
I. — Par nature d'établissements :			
Atelier de chaudronnerie.	1	1	2
Bateaux	3	5	3
Battages	2	10	4
Blanchisserie	1	4	6
Chemins de fer	2	"	1
Distilleries.	2	1	"
Fabrique de chapeaux.	1	"	1
— de papiers	1	"	"
Filature	1	"	"
Lavoir.	1	"	"
Mégisserie.	1	"	"
Mines.	2	1	3
Minoterie	1	1	"
Moulin à blé.	1	1	"
Moulin à huile.	1	3	1
Station d'éclairage électrique.	1	"	1
Teintureries.	3	1	1
Tissages	2	"	"
Usine à chaux hydraulique	1	1	"
Usine d'épillage chimique	1	"	"
Totaux.	29	29	23
II. — Par espèces d'appareils :			
1° Chaudières sans foyer intérieur :			
Horizontales non tubulaires, avec ou sans bouilleurs	10	7	9
Verticales.	1	"	"
2° Chaudières avec foyer intérieur :			
Horizontales non tubulaires.	1	3	1
Horizontales plus ou moins tubulaires.	7	11	6
Verticales	1	1	2
3° Récipients.	5	2	"
4° Divers.	4	5	5
Totaux.	29	29	23

III. — D'après les causes présumées ():**

1° Conditions défectueuses d'établissement :	
Construction, disposition, installation ou matières défectueuses	9
2° Conditions défectueuses d'entretien :	
Usure. — Fatigue ou amincissement du métal.	8
Réparations (pour d'autres causes) non faites ou défectueuses	2
3° Mauvais emploi des appareils :	
Manque d'eau (suivi ou non d'alimentation intempestive).	4
Excès de pression.	4
Autres imprudences ou négligences.	6
4° Causes restées inconnues.	3

(*) On a inscrit dans cette colonne, non pas uniquement les personnes qui ont reçu des blessures graves, mais tous les blessés qui ont eu plus de 20 jours d'incapacité de travail.

(**) Le nombre total des causes présumées est supérieur à celui des accidents, parce que le même accident a quelquefois été attribué à plusieurs causes réunies.

DISCOURS
PRONONCÉ AUX FUNÉRAILLES
DE M. PHILLIPS,
MEMBRE DE L'INSTITUT, INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES,
le 20 décembre 1889

Par M. RÉSAL, membre de l'Institut, inspecteur général
des mines.

Si la mort trop imprévue de celui à qui nous rendons les derniers devoirs, a produit parmi nous une aussi douloureuse impression, c'est que, doué de qualités exceptionnelles, Phillips savait se faire aimer de tous ceux qui l'approchaient.

Toute sa vie a été consacrée au travail et rien de particulier n'est venu troubler ses remarquables études, dont le caractère scientifique et pratique résistera au temps.

Phillips est entré à l'École polytechnique en 1840, à l'âge de dix-neuf ans. Il en est sorti dans le corps des ingénieurs des mines. D'abord indécis sur le choix d'une spécialité pouvant s'harmoniser avec son esprit de recherches spéculatives et pratiques, il s'occupa de métallurgie, et, en collaboration avec son ami Rivot, dont le nom n'est pas oublié des docimastes, il imagina un procédé de réduction des minerais cuprifères par l'influence du fer.

Quelques années après cet essai, Phillips, encouragé, si je ne me trompe, par notre ancien et illustre confrère

Combes, s'est consacré exclusivement à la mécanique pure et appliquée qu'il n'a pas quittée jusqu'à sa mort.

Je vais essayer d'esquisser à grands traits et à peu près suivant leur ordre chronologique, les résultats des recherches de Phillips.

— *Résistance des ressorts de suspension des véhicules des chemins de fer.* — Ses formules font toujours loi dans la pratique.

— *Théorie géométrique de la coulisse Stephenson*, considérée avant lui comme impossible. — Il en a tiré les éléments; même numériques, de la distribution de la vapeur dans le système du tiroir à coquille de Clapeyron.

— *Thèse sur le mouvement relatif*, pour l'obtention du grade de docteur, soutenue devant la Faculté des sciences de Paris (1849).

— *Résistance d'un pont sur poutres droites en ayant égard à l'influence d'une charge roulante.* — Cette question a conduit l'auteur à des développements en série très compliqués, dont il a tiré des conséquences dignes de remarque.

— *Forme qu'il convient de donner, en vue d'assurer l'isochronisme, aux courbes de raccordement du spiral hélicoïde Breguet exclusivement adopté dans la construction des chronomètres.* — Ses conceptions théoriques ont reçu une sanction éclatante de la part de l'expérience.

Il serait hors de propos de mentionner ici les autres et nombreux travaux de Phillips, parce qu'ils se rapportent à des questions d'un ordre inférieur à celui des précédents.

Phillips faisait partie de l'Académie depuis 1868.

Il ne me reste plus, au nom de la section, et, je l'estime, au nom de toute l'Académie, qu'à adresser un suprême adieu à celui qui fut notre bien affectionné confrère.

NOTICE
SUR UN
NOUVEAU PROCÉDÉ DE FABRICATION
DE L'ALUMINIUM

Par M. ICHON, Ingénieur des mines.

Depuis un certain nombre d'années on s'est occupé de rechercher les moyens de fabriquer à bon marché l'aluminium, ce métal qui, par son bel aspect, sa légèreté et sa grande inaltérabilité, attire l'attention, non moins que par sa résistance aux efforts dynamiques. Le problème à résoudre paraît d'autant plus intéressant que l'aluminium se trouve, pour ainsi dire, partout dans la nature, et que ses emplois deviendraient sans doute innombrables si l'on parvenait à l'extraire économiquement et pur de matières telles que l'argile.

Ainsi qu'il arrive pour d'autres corps, des impuretés, même en proportions presque insignifiantes, suffisent pour modifier considérablement les propriétés de l'aluminium, notamment son inaltérabilité et sa résistance. S'il est déjà difficile d'obtenir de l'aluminium relativement pur en prenant pour minerais des matières telles que la cryolithe, qui renferme peu de fer et de silicium, la difficulté augmente encore considérablement si l'on a recours à l'argile.

Le nombre des procédés de fabrication de l'aluminium inventés dans ces dernières années est assez considé-

nable; aucun ne paraît avoir abouti à un prix de revient très bas, puisque le kilogramme du métal se vend encore sur le marché entre 60 et 80 francs. Cependant le procédé des frères Bernard, de Creil (Exposition de 1889), devrait, d'après les inventeurs, permettre d'arriver à un prix de revient de 10 francs par kilogramme avec une production suffisamment considérable.

C'est à un prix analogue que paraît pouvoir être produit l'aluminium par le procédé de l'ingénieur Grabau de Hanôvre, procédé que nous avons vu en application dernièrement. Mais ce qui, plus encore que le bon marché, semble devoir donner à ce procédé le pas sur ceux aujourd'hui en usage, c'est la grande pureté du produit obtenu. En effet, parmi ces procédés, c'est celui de l'usine de Salindres qui semble donner le produit le plus pur contenant 98,90 p. 100 d'aluminium; les usines d'Angleterre et de Schaffhouse donnent des produits dont la teneur varie entre 98,50 et 96 p. 100. M. Grabau arrive par son procédé, breveté en France, à une teneur de 99,80 p. 100 en aluminium, c'est-à-dire à une pureté presque complète.

Le procédé comprend en premier lieu la fabrication du fluorure d'aluminium au moyen de sulfate d'alumine, de spath fluor et de cryolithe; celle-ci n'est d'ailleurs employée à l'état naturel qu'au début des opérations; par la suite, la réduction même du fluorure d'aluminium donne de la cryolithe artificielle beaucoup plus pure. En deuxième lieu vient la réduction du fluorure d'aluminium par du sodium; ce dernier est lui-même fabriqué par M. Grabau à l'aide d'un nouveau procédé qui permet d'abaisser considérablement son prix de revient.

Fabrication du fluorure d'aluminium. — On dissout dans l'eau 10 à 13 p. 100 de sulfate d'alumine et on traite la dissolution par du spath fluor réduit en poudre, et

aussi pur que possible ; le mélange est chauffé pendant plusieurs heures à 60 degrés dans un bassin muni d'un malaxeur.

Le spath fluor, au bout de peu de temps, se boursoufle et se décompose en partie en formant du sulfate de chaux. En répétant plusieurs fois cette opération, on peut arriver à remplacer 66 p. 100 de l'acide sulfurique combiné à l'alumine par du fluor ; mais, dans la pratique, il n'est pas avantageux de pousser jusque-là ; il vaut mieux s'arrêter à 55 p. 100. Il se forme une combinaison particulière de fluorure d'aluminium et de sulfate d'alumine, un fluosulfate d'alumine $\text{Al}(\text{F}^1\text{SO}^4)$.

On laisse déposer pendant plusieurs heures ; la solution encore trouble est transvasée dans un grand réservoir en bois ; le sulfate de chaux précipité est lavé sur des filtres, et les eaux de filtration servent à dissoudre une nouvelle quantité de sulfate d'alumine ; le sulfate de chaux retient seulement 3 p. 100 de sulfate d'alumine devenu insoluble.

La dissolution de fluosulfate, qui est trouble par suite de la présence de silicates basiques provenant du sulfate d'alumine, est débarrassée, s'il y a lieu, de petites quantités de fer au moyen de prussiate de potasse ; puis on la filtre. La liqueur filtrée, devenue transparente, renferme du fluosulfate et du sulfate d'alumine, ainsi que de petites quantités de sulfate de soude (provenant du sulfate d'alumine) et de petites quantités de sulfate de chaux (1 mètre cube de la liqueur renferme 1 kilogramme de chaux).

La solution est évaporée au bain-marie jusqu'à consistance sirupeuse ; les vapeurs sont chassées au moyen de deux ventilateurs, l'un aspirant, l'autre foulant ; ce dernier amène de l'air purifié par un filtre en laine, afin d'éviter les poussières contenues dans l'atmosphère.

On ajoute ensuite à la masse de la cryolithe finement pulvérisée, et on mélange intimement dans un malaxeur ;

la proportion de cryolithe ajoutée doit être telle que l'acide sulfurique encore combiné à l'alumine puisse être complètement absorbé par le sodium de la cryolithe en échange du fluor de cette dernière.

Le mélange déjà passablement consistant est placé dans un bassin en plomb, puis séché dans un séchoir à 150 degrés environ; on obtient une matière poreuse qui est cassée en morceaux de la grosseur d'une noisette. Pour obtenir la substitution du fluor à l'acide sulfurique, il faut chauffer la matière au rouge sombre dans un plateau en fonte, à revêtement exempt de fer et de silice, qu'on introduit dans une moufle chauffée au rouge; on doit éviter d'aller jusqu'à la fusion pour ne pas gêner le lavage subséquent. Ce lavage a pour but d'enlever le sulfate de soude et de laisser le fluorure d'aluminium.

En résumé, la préparation du fluorure d'aluminium au moyen du sulfate d'alumine comprend deux phases : dans la première il y a échange d'une partie de l'acide sulfurique contre le fluor du spath fluor; dans la deuxième, il y a échange du reste de l'acide sulfurique contre le fluor de la cryolithe. Comme nous l'avons dit, ce n'est que pour la mise en train qu'il faut une certaine quantité de cryolithe naturelle; par la suite, celle-ci est remplacée par de la cryolithe artificielle obtenue lors de la réduction du fluorure d'aluminium.

Les lavages répétés du mélange de sulfate de soude et de fluorure d'aluminium, surtout à l'eau chaude, enlèvent avec le premier 15 p. 100 du dernier et la majeure partie du fer; il reste donc seulement 85 p. 100 du fluorure d'aluminium qui est pressé, puis séché en gâteaux et cassé en morceaux de la grosseur d'une noix.

Réduction du fluorure d'aluminium. — La réduction du fluorure d'aluminium par le sodium s'opère dans un vase en fonte, dont le diamètre égale la hauteur, et re-

vêtu intérieurement d'une couche de cryolithe de plusieurs centimètres d'épaisseur ou mieux de briques faites avec de la cryolithe pulvérisée et humectée d'une dissolution de sel marin.

Le fluorure d'aluminium est, au préalable, chauffé au rouge dans un cylindre en fer revêtu intérieurement d'une matière réfractaire ne contenant ni silicium ni fer; le cylindre est fermé par un couvercle en fer; son fond inférieur est mobile autour d'un axe et retenu par un contre-poids. Le fluorure d'aluminium ne fond pas et s'évapore très peu, si le couvercle est bien fermé.

Le vase à réduction est amené sous le cylindre contenant le fluorure par un petit chariot roulant sur rails. On fait basculer le fond du cylindre à fluorure, et celui-ci tombe dans le vase, qui est retiré aussitôt pour recevoir un lingot de sodium chauffé à une température voisine du point de fusion. On couvre immédiatement avec un couvercle en asbeste et une réaction très vive commence aussitôt; il se fait un véritable bouillonnement et, quelquefois, une flamme de sodium sort sous le couvercle.

Lorsque les proportions de sodium et de fluorure d'aluminium ont été choisies de manière à ne réduire que la moitié à peu près de ce dernier, l'autre moitié se combine au fluorure de sodium produit et forme de la cryolithe. Après la réaction, qui ne dure que quelques instants, on trouve cette dernière formant une masse parfaitement fondue et à une température bien supérieure à celle du mélange primitif, car elle est au rouge blanc.

Après refroidissement, on trouve en dessous de la cryolithe solidifiée un culot d'aluminium métallique recouvert d'une légère croûte de cryolithe détachée du revêtement.

Lorsque le fluorure d'aluminium a été préparé avec la cryolithe naturelle, qui renferme toujours du silicium, la scorie a une couleur grise ou noirâtre, tandis qu'elle devient

parfaitement blanche lorsque le fluorure d'aluminium a été préparé avec la scorie d'une opération précédente.

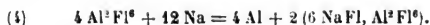
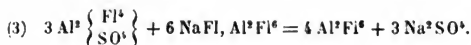
C'est précisément par le réemploi comme matière première dans une opération d'un produit accessoire obtenu dans l'opération précédente que se caractérise le procédé, ce qui fait qu'une quantité très limitée de cryolithe naturelle est nécessaire pour la mise en train.

S'il n'y avait pas de pertes dans la fabrication, en supposant tout l'acide sulfurique du sulfate d'alumine éliminé dans l'opération d'agglomération avec la cryolithe, il ne se produirait, lors de la réduction, que la quantité de cryolithe théoriquement nécessaire pour la production du fluorure d'aluminium, comme le montrent les formules suivantes :



Mais à cause des pertes par lavage, etc., la quantité de cryolithe obtenue serait insuffisante.

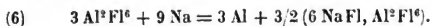
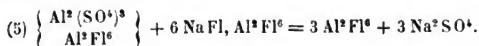
D'un autre côté si, dans le traitement du sulfate d'alumine par le spath fluor, on pouvait atteindre la limite théorique de la réaction, on obtiendrait, lors de la réduction du fluorure d'aluminium, deux fois la quantité de cryolithe nécessaire à la fabrication du fluorure d'aluminium de l'opération suivante. On aurait en effet :



Cependant les pertes par lavage réduiraient de 100 à 83 p. 100 l'excédent de cryolithe.

En supposant que 50 p. 100 seulement du sulfate d'alumine soient transformés, il y aurait encore, malgré les pertes de lavage, un excédent de 33 p. 100 de cryolithe,

ainsi que le montrent les formules suivantes :



Comme nous l'avons indiqué plus haut, on transforme facilement 55 p. 100 du sulfate d'alumine; par conséquent le procédé donnera toujours un excédent sensible de cryolithe artificielle qui peut trouver son emploi dans les verreries. Il va de soi que le procédé indiqué ne donnera de l'aluminium aussi pur que possible qu'avec des matières premières également pures et exemptes surtout de fer et de silicium.

La solution de fluosulfate d'alumine servant à la préparation du fluorure d'aluminium ne renferme pas trace de silicium, et si le sulfate d'alumine (*) et le spath fluor employés sont eux-mêmes exempts de fer, il n'y en aura pas non plus dans le fluosulfate. Dans tous les cas, le fer peut être précipité par le prussiate jaune de potasse.

La cryolithe naturelle que l'on doit employer pour la mise en train du procédé ne se trouve pas pure; elle renferme toujours jusqu'à 5 p. 100 de quartz et 0,5 p. 100 de fer. Il en résulte que le fluorure d'aluminium obtenu dans une première opération ne saurait être pur, pas plus que l'aluminium résultant de sa réduction. La cryolithe artificielle obtenue en même temps peut être débarrassée de son fer par un acide faible et le silicium disparaît, lors du chauffage on rouge du fluosulfate, à l'état de fluorure de silicium. Aussi, à l'opération suivante, le fluorure d'aluminium obtenu est-il parfaitement blanc et les produits restent purs par la suite, à la condition de ne pas y introduire d'impuretés du dehors. Nous avons vu les précautions minutieuses prises à cet égard lors de l'éva-

(*) Qu'on peut se procurer dans les fabriques de produits chimiques.

poration de la solution de fluosulfate et de sulfate d'alumine.

Pendant la réduction du fluorure d'aluminium on peut facilement éviter l'introduction de matières étrangères. Le fluorure d'aluminium ne fondant pas au rouge, il suffit de recouvrir les parois du cylindre où on le chauffe d'un revêtement exempt de fer et de silicium.

Quant aux parois revêtues de cryolithe du vase de réduction, elles sont à peine atteintes par la chaleur, vu la rapidité de la réaction, et on ne sent aucune élévation de température à l'extérieur des parois en fonte.

Ces diverses conditions font que l'aluminium fabriqué par le procédé Grabau atteint une pureté exceptionnelle. On a analysé au bureau d'essais de l'École des mines deux échantillons rapportés par nous; l'un (n° 1) est de l'aluminium fabriqué au moyen de la cryolithe naturelle, l'autre (n° 2) au moyen de la cryolithe artificielle obtenue dans les opérations (troisième réduction).

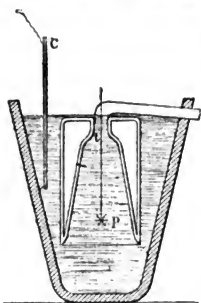
	N° 1	N° 2
Silicium	1,12	0,06
Fer	3,71	0,17
Manganèse	0,21	traces
Aluminium	94,96	99,77
	<hr/> 100,00	<hr/> 100,00

Le bon marché du produit ainsi obtenu résulte du bon marché du sodium employé. M. Grabau est l'inventeur d'un procédé de fabrication du sodium par l'électrolyse, procédé par lequel il pense pouvoir obtenir le sodium à 2 francs ou 1',50 le kilogramme, et, dans ces conditions, l'aluminium pur pourra être obtenu à très bas prix.

Nous ne dirons que quelques mots de ce procédé, dont certaines parties ne sont pas encore brevetées. Il a pour base la décomposition du sel marin fondu par le courant électrique.

On place le sel préparé d'une manière particulière dans

un creuset (voir la figure ci-dessous) où plongent, d'une



part, une électrode en charbon C, sur laquelle se dégage le chlore, et, d'autre part, une cloche en porcelaine à double parois, munie d'une armature métallique; entre les parois se trouve une couche d'air isolante. La deuxième électrode est formée par un fil de fer attaché à l'armature métallique de la cloche et qui est terminé à sa partie inférieure par une étoile *p*. La disposition de la cloche à

double parois est essentielle, une paroi simple en porcelaine étant rapidement détériorée par le courant électrique.

A la partie supérieure, la cloche présente une ouverture tubulaire *t* communiquant avec un tuyau en fer recourbé à angle droit et qui conduit les gouttes de sodium, venues à la surface en vertu de leur poids spécifique plus faible, dans un réservoir rempli de pétrole ou d'azote.

La porcelaine de la cloche n'est que faiblement attaquée par le sodium incandescent, même à une température fort supérieure à celle du point de fusion, grâce aux conditions particulières dans lesquelles est placé le sel marin; sans elles la porcelaine serait complètement détruite en quelques heures, et c'est précisément l'une des deux grandes difficultés que l'inventeur a eu à vaincre: d'une part, la destruction de la cloche par le courant électrique, et d'autre part sa décomposition par le sodium.

Au fur et à mesure que le sodium se dégage, le niveau du sel fondu s'abaisse, et il faut ajouter du chlorure de sodium. Le sodium obtenu est parfaitement pur et n'a pas besoin d'être refondu.

Il n'est peut-être pas sans intérêt d'indiquer ici en quoi le procédé Grabau diffère de l'ancien procédé Deville.

Comme matières premières, le procédé Deville utilisait du chlorure d'aluminium, du sel marin et de la cryolithe naturelle. M. Grabau emploie du sulfate d'alumine, du spath fluor et de la cryolithe artificielle, produite en excès dans les réactions du procédé, et formant ainsi un produit accessoire directement utilisable. La voie humide permet l'obtention d'un fluorure d'aluminium parfaitement pur, tandis qu'il est beaucoup plus difficile d'obtenir le chlorure d'aluminium pur. En outre, ce dernier se décompose rapidement à l'air et doit être employé rapidement, tandis que le fluorure peut être conservé sans altération.

Dans le procédé Deville, le chlorure d'aluminium est réduit par du sodium en présence d'un fondant, dans des fours en matières réfractaires. Ces matières sont plus ou moins attaquées par le lit de fusion et contribuent à rendre l'aluminium impur. L'effet utile du sodium n'est guère que les 76 centièmes de son effet théorique. La réaction est relativement faible, parce que la masse renferme une proportion moindre d'aluminium que dans le procédé Grabau, et que l'on cherche à réduire tout cet aluminium.

Dans le procédé Grabau, au contraire, la réduction a lieu sans fondant et est conduite de manière à n'extraire du fluorure que la moitié de l'aluminium qu'il renferme ; la réaction est très vive et on utilise de 83 à 90 p. 100 du sodium, lequel produit de la cryolithe avec une partie du fluorure d'aluminium, en même temps qu'il réduit l'autre. La réaction est accompagnée d'une élévation de température considérable qui permet de la faire dans un vase froid, garni de cryolithe, et d'éviter ainsi l'introduction d'impuretés dans l'aluminium.

Enfin le procédé Grabau se différencie du procédé Deville par la manière d'obtenir le sodium.

Les deux procédés de fabrication, de l'aluminium d'une

part, du sodium de l'autre (*), inventés par M. Grabau, paraissent fort intéressants, en laissant même de côté la question de la production à bon marché; l'opération de la réduction du fluorure d'aluminium par le sodium est à coup sûr l'une des opérations les plus élégantes de la chimie métallurgique, et elle frappe beaucoup par sa rapidité, lorsqu'on la voit pour la première fois.

Nous terminerons par quelques indications sur le prix de revient du kilogramme d'aluminium (y compris la fabrication du sodium) que prétend obtenir M. Grabau. Les chiffres ci-dessous supposent une production de 20 kilogrammes en vingt-quatre heures; ils se réduiraient proportionnellement beaucoup pour une production plus forte.

<i>Frais de premier établissement.</i>		fr.
Bâtiments.		57.000
Machine à vapeur, chaudière, dynamo.		35.000
Appareils électriques pour la fabrication du sodium . .		22.000
Appareils divers		25.000
Capital d'exploitation		40.000
Total.		179.000
<i>Frais d'exploitation.</i>		fr.
Main-d'œuvre par jour.		40,00
Traitements des chimistes.		40,00
Spath fluor.		12,00
Acide sulfurique		2,50
Sulfate d'alumine		60,00
Sel marin.		36,00
Produits chimiques divers		16,00
Houille.		50,00
Frais de réparations, amortissement.		30,00
Total.		286,50
Soit, avec une production de 20 kil. par jour		14,32

(*) Nous espérons pouvoir donner sous peu plus de détails sur ce dernier.

NOTE

SUR LA

FABRICATION ÉLECTRO-MÉTALLURGIQUE

DE L'ALUMINIUM ET DE SES ALLIAGES

à FROGES (Isère)

Par M. KUSS, Ingénieur des mines.

A la fin d'une intéressante communication adressée, sur la demande du comité d'organisation, au Congrès international des mines et de la métallurgie de 1889, M. Lazare Weiller a indiqué l'intérêt qu'il y aurait à mieux connaître les nouveaux procédés de préparation de l'aluminium et de ses alliages, de manière à être à même d'apprécier le plus ou moins d'espérance que l'on en peut concevoir d'obtenir bientôt l'aluminium à un prix qui permette une large extension de ses applications.

L'un des plus intéressants parmi ces nouveaux procédés paraît être celui qui a été inventé par un ingénieur français, M. Héroult, et appliqué pour la première fois sur une grande échelle par la Société électro-métallurgique suisse dans ses usines de Lauffen-Neuhausen, près de Schaffouse. Une société française, dite *Société électro-métallurgique française*, s'étant fondée récemment et ayant créé une usine à Froges, dans le département de l'Isère, pour l'exploitation du même procédé, nous avons pu, grâce à l'obligeance de M. Massé, ingénieur en chef des ponts et

chaussées, directeur de cette société, étudier sur place le procédé Héroult et son application à la fabrication de l'aluminium, du ferro-aluminium, du bronze et du laiton d'aluminium. Nous avons pensé que quelques renseignements sur cette métallurgie nouvelle, encore mal connue, pourraient intéresser les lecteurs des *Annales*.

Avant d'aborder la description du procédé électro-métallurgique de l'usine de Froges, nous croyons devoir rappeler brièvement les procédés divers qui ont servi jusqu'à ce jour à la préparation de l'aluminium et de ses alliages.

Découvert par Wöhler en 1827 sous la forme d'une poudre grise obtenue par l'action du potassium sur le chlorure d'aluminium, l'aluminium en lingot fut obtenu pour la première fois en 1854, par M. H. Sainte-Claire Deville, au moyen de la décomposition du chlorure d'aluminium par le sodium; dès 1855, M. Deville put fabriquer industriellement le nouveau métal en décomposant par le sodium un chlorure double d'aluminium et de sodium, dans un four à réverbère. Ce procédé, pratiqué d'abord à Nanterre, a été exclusivement employé pendant longtemps; il est encore usité à l'usine de Salindres (Gard), la seule usine française qui ait produit de l'aluminium en 1887; d'après la statistique dressée par l'administration des mines, la quantité produite, en 1887, n'aurait pas dépassé 2.042 kilogrammes, valant 100 francs le kilogramme.

Des procédés chimiques qu'il est difficile de ne pas considérer comme dérivés de celui de Deville ont été mis en œuvre sous divers noms : nous nous bornerons à citer le procédé Frismuth et le procédé Castner, appliqué à Birmingham (Angleterre). Dans ce dernier, on calcine à basse température un mélange d'alun et de goudron; la calcination expulse l'eau de cristallisation et laisse un résidu composé de soufre, potasse et alumine, qui est soumis à l'action de la vapeur d'eau et de l'air au rouge sombre,

puis lavé à l'eau chaude : celle-ci dissout la potasse, et il reste de l'alumine insoluble que l'on transforme ensuite en chlorure d'aluminium. Le chlorure qui en résulte est réduit par le sodium.

Le procédé Cowles utilise le principe, dû à Siemens, du chauffage d'un creuset par l'électricité; on y opère la réduction directe de l'alumine par le charbon, au contact du cuivre, de manière à produire du bronze d'aluminium. Le creuset Cowles est un parallélipède en briques réfractaires dont les parois intérieures sont garnies d'une couche de charbon; on y introduit successivement le cuivre et un mélange de corindon et de charbon de bois pulvérisé; l'ensemble est recouvert d'une couche de charbon et finalement d'un couvercle en fonte percé de trous pour le dégagement des gaz qui se produisent. Les deux petites parois verticales laissent passer deux grosses électrodes en charbon qui aboutissent au sein du mélange à fondre. En employant un courant de 3.000 ampères, MM. Cowles arrivent à faire fondre, en une heure et demi environ, une charge de 70 kilogrammes de cuivre et 40 kilogrammes de corindon mélangé à du charbon. Le procédé Cowles peut utiliser à volonté des courants alternatifs ou continus; il est appliqué, aux États-Unis, à l'usine de Lockport, N. Y. et, en Angleterre, à l'usine de Milton, à Stoke-on-Trent; il permet de fabriquer à volonté, en remplaçant le cuivre par un autre métal, tous les alliages de l'aluminium, notamment le ferro-aluminium, et aussi, en remplaçant l'alumine par la silice, les alliages du silicium; il ne semble pas avoir, jusqu'à ce jour, servi à la fabrication de l'aluminium pur.

Le procédé Minet, exploité par M. Bernard, à Creil, consiste dans l'électrolyse à faible tension d'un bain maintenu à l'état de fusion ignée par l'action d'un foyer extérieur; il permet d'obtenir l'aluminium pur en sacrifiant une partie de la production à la protection de l'autre.

L'électrolyte employé est le fluorure d'aluminium additionné de fluorure et chlorure de sodium, qui en augmentent la fusibilité. L'appareil consiste en une cuve de fer chauffée extérieurement, sur le fond de laquelle repose une coupelle en charbon laissant entre elle et le bord de la cuve un espace suffisant. Au-dessus de cette coupelle est une baguette verticale en charbon constituant le pôle négatif; une seconde baguette, parallèle à la première, forme le pôle positif; la cuve en fer communique elle-même avec le pôle négatif par l'intermédiaire d'une résistance ne donnant passage qu'à une partie du courant. Le courant traversant le bain fondu de fluorure d'aluminium le décompose; l'aluminium se porte en partie sur l'électrode négative pour tomber dans la coupelle, en partie sur le vase en fer sur la paroi intérieure duquel il forme un alliage ferro-alumineux qui empêche le fluorure de l'attaquer et d'introduire du fer dans le bain en fusion. Une partie du fluorure traité est régénéré par un artifice que nous ne connaissons pas.

Le procédé Héroult, exploité à Neuhausen et à Froges, utilise l'électricité comme seul agent métallurgique.

Dans un brevet du 1^{er} septembre 1886, M. Héroult a annoncé avoir résolu le problème de *l'électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolithe en fusion*; dans un certificat d'addition du 19 septembre 1887, il a revendiqué *l'électrolyse de l'alumine fondue par l'action du courant lui-même*. Son procédé consiste en effet dans la décomposition par le courant électrique de l'alumine dans un bain maintenu à haute température par ce courant lui-même. Voici comment il a été réalisé à Froges, dans des proportions véritablement industrielles, par la Société électrométallurgique française.

Une chute d'eau de 180 mètres de hauteur avec 4 à 500 litres de débit à la seconde, soit environ 800 chevaux effectifs, actionne deux turbines Girard de 300 che-

vaux chacune et une troisième turbine de 100 chevaux environ. A chacune des deux grandes turbines est accouplée une dynamo Brown, construite par les ateliers d'Oerlikon pour fournir un courant de 6.000 ampères avec une force électromotrice de 20 volts : disons toutefois que, dans les opérations auxquelles nous avons assisté, l'ampèremètre marquait de 3 à 4.000 ampères et les voltmètres de 10 à 15 volts seulement. Les deux grandes dynamos sont excitées par une petite machine auxiliaire, montée sur la petite turbine et fournissant 300 ampères avec une différence de potentiel de 65 volts; les inducteurs sont au nombre de six; l'armature a deux enroulements séparés et isolés l'un de l'autre, ayant chacun six divisions couplées en dérivation; chaque machine a deux gros collecteurs formés chacun de 72 balais.

Le courant électrique produit par ces puissantes machines est amené par deux gros conducteurs en fils de cuivre nus à des creusets qui diffèrent un peu suivant que l'on veut produire des alliages d'aluminium ou de l'aluminium pur.

Le creuset à alliages est une caisse rectangulaire en fonte, isolée du sol, de 1^m,20 environ de côté et de 1 mètre de hauteur, dont les parois intérieures et le fond sont revêtus d'une épaisse garniture en plaques de charbon conducteur cimentées par du goudron, et vers la partie inférieure de laquelle se trouve un trou de coulée. Dans la garniture est ménagée une cavité de 0^m,50 de côté et de 0^m,60 de profondeur formant le laboratoire de l'appareil. La caisse et la garniture de charbon communiquent avec le pôle négatif de la dynamo. Un bain de fonte ou de cuivre en fusion, suivant l'alliage à produire, remplit le fond de la cavité et constitue l'électrode négative.

L'électrode positive est formée par un prisme en charbon conducteur de 0^m,30 de côté et de 1^m,20 environ de lon-

•

gueur constitué par une série de plaques fortement assemblées par une armature métallique. Elle est suspendue au-dessus du creuset, de manière à pouvoir pénétrer plus ou moins profondément dans la cavité centrale et être amenée à une distance aussi faible que l'on voudra du bain métallique qui forme l'électrode négative. La disposition des potences qui permet de régler à volonté cet écartement n'offre aucun intérêt particulier et ne mérite pas une description spéciale. Le creuset est fermé par un couvercle en matériaux réfractaires portant une trémie par laquelle se fait le chargement des substances à traiter et la sortie des gaz produits.

On introduit d'abord dans le creuset une certaine quantité du métal auquel on veut allier l'aluminium et on le fait fondre en abaissant l'anode de charbon et faisant passer le courant; une fois qu'il est fondu, on jette successivement dans le creuset, par petites charges alternatives, des proportions convenables de métal et d'alumine jusqu'à ce que le creuset soit plein. L'alumine paraît fondre presque immédiatement sous l'action du courant qui passe de l'anode de charbon au bain métallique remplissant le fond du creuset; elle se décompose ensuite en aluminium qui s'allie au métal formant la cathode et en oxygène qui se dégage au contact de l'anode en formant de l'oxyde de carbone; celui-ci sort en brûlant par l'ouverture de chargement. Il importe de régler avec soin la distance des électrodes : celle qui paraît la plus convenable est de trois millimètres environ. En l'exagérant, on augmenterait inutilement la résistance offerte au courant par la couche d'alumine fondue et par suite la température. En la diminuant trop, on risque de produire un refroidissement du bain et des courts-circuits dangereux pour la conservation des appareils. Les indications de l'ampèremètre guident, dans ce réglage, le chef fondeur chargé de la surveillance.

Toutes les douze heures à peu près, on débouche le trou de coulée et on reçoit dans une lingotière l'alliage produit. La fusion est continue et n'a besoin d'être interrompue un instant que lorsque l'anode de charbon est sur le point d'être consumée : on la remplace alors très rapidement, sans laisser au bain le temps de se refroidir.

Le minerai d'aluminium que l'on emploie de préférence est l'alumine pure, préalablement calcinée. Les fabriques de produits chimiques la livrent à l'état d'hydrate contenant environ 45 p. 100 d'eau, 55 p. 100 d'alumine et de 3 à 5 p. 100 de carbonate de soude et autres impuretés. Après calcination, elle rend de 45 à 50 p. 100 d'aluminium métallique. La majeure partie des impuretés autres que la silice est volatilisée pendant l'opération et s'échappe avec l'oxyde de carbone, sous forme de fumée blanche épaisse. La silice est réduite à l'état de silicium qui entre dans l'alliage. On peut, lorsque l'on veut fabriquer du ferro-aluminium, remplacer l'alumine pure par la bauxite, mais celle-ci contient toujours, outre du fer qui n'est pas nuisible dans ce cas spécial, de la silice et diverses autres impuretés. Le prix des matières premières n'étant pas très important en comparaison de celui de la force et des installations, on a généralement avantage à n'employer que des matières pures. En remplaçant l'alumine par de la silice, on produit, sans rien changer d'ailleurs au procédé, des alliages de fer ou de cuivre avec du silicium.

Les principaux alliages fabriqués directement à Froges, dans le creuset que nous venons de décrire, sont le ferro-aluminium, dans lequel la teneur en aluminium varie de 8 à 30 p. 100 et le bronze d'aluminium d'une teneur habituelle de 10 à 15 p. 100 d'aluminium. Nous reviendrons tout à l'heure sur ces produits et sur ceux, de teneurs et compositions variées, qu'on en obtient par une deuxième fusion.

Le creuset pour aluminium pur diffère légèrement de celui adopté pour la préparation des alliages. Voici la dernière forme à laquelle s'est arrêtée, à Froges, la Société électro-métallurgique française. Une cuve cylindrique en forte tôle de fer, de 0,60 de diamètre et 0,75 de hauteur, repose sur un châssis isolé pouvant recevoir au besoin un mouvement de rotation autour de son axe vertical. La paroi cylindrique est percée, dans le bas, d'un trou de coulée, et le fond de la cuve d'une ouverture centrale qui laisse passer l'électrode négative en cuivre, isolée électriquement du reste de la marmite.

Pour éviter le contact entre l'électrode en cuivre et le bain métallique qui sera contenu dans le creuset, on dame dans le fond, après interposition d'une feuille d'amiante, une pâte de charbon médiocrement conductrice; grâce à cet artifice, les parois métalliques du creuset sont dans un certain isolement par rapport à l'électrode négative. Une potence tient suspendue au-dessus du creuset l'électrode positive et permet de la rapprocher à volonté de l'électrode négative.

L'aluminium s'obtient par la décomposition de l'alumine, sous l'action du courant électrique, dans un bain de cryolithe.

Une fois le creuset rempli de cryolithe, on fait passer le courant qui en produit la fusion en deux ou trois heures environ; elle se fige d'ailleurs plus ou moins contre la paroi cylindrique de la cuve, que l'on refroidit au besoin extérieurement et qu'elle protégera ainsi contre l'action de l'aluminium en fusion. La partie centrale voisine de l'anode est parfaitement fluide et forme le laboratoire proprement dit. On y verse par petites quantités, à intervalles rapprochés, de la cryolithe en poudre et de l'alumine calcinée qui est immédiatement saisie et qui semble fondre en se dissolvant dans la cryolithe, puis se décomposer sous l'action du courant électrique; l'alu-

minium produit tombe au fond du creuset; l'oxygène se porte sur le charbon de l'électrode positive qui brûle régulièrement. Toutes les vingt-quatre heures, en général, on procède à la coulée du métal produit qui contient au plus 1 à 2 p. 100 d'impuretés.

Il est difficile d'indiquer avec certitude les réactions qui se produisent. On consomme, par kilogramme d'aluminium produit, environ 2^{kg},200 d'alumine calcinée et 1.600 grammes de cryolithe. On peut admettre, si l'on veut s'en tenir à l'explication la plus simple, que tout le métal obtenu provient de l'alumine introduite dans le creuset et que la consommation de cryolithe n'est due qu'à la volatilisation partielle de cette substance. On peut se demander toutefois s'il ne se produit pas d'autres réactions que la décomposition directe de l'alumine. Le bain de cryolithe s'altère en effet assez rapidement, sa fusibilité diminue, et après quinze à vingt jours, la substance qui tapisse les parois de la cuve est une sorte de scorie contenant des silicates et retenant de l'aluminium en fine poussière; les impuretés des matières premières employées s'y concentrent en effet et obligent à arrêter l'opération après vingt jours à peu près et à renouveler entièrement le bain de cryolithe. Peut-être doit-on penser que la cryolithe n'agit pas simplement comme fondant et subit elle-même une décomposition partielle, peut-être suivie de régénération. Elle jouerait ainsi, par rapport à l'alumine, un rôle analogue à celui joué, dans la fabrication des alliages d'aluminium, par le métal qui absorbe l'aluminium au fur et à mesure qu'il se produit. La question reste à l'étude.

Nous avons indiqué plus haut les consommations de cryolithe et d'alumine calcinée; disons ici que la cryolithe, rendue à l'usine de Froges, lui revient à 1',10 le kilogramme et l'alumine calcinée au même prix. La consommation des charbons qui constituent l'électrode

positive est de 1^{re},600 par kilogramme d'aluminium; on a constaté en effet qu'une électrode de 50 kilogrammes dure trente-six heures dans une marmite qui produit, pendant ce temps, 30 kilogrammes d'aluminium pur. L'usine prépare aujourd'hui elle-même ses charbons conducteurs; ils lui reviennent à 0',30 ou 0',40 le kilogramme. Elle songe aussi à fabriquer elle-même l'alumine qu'elle achète actuellement à des fabriques de produits chimiques.

La production d'aluminium est de 16 grammes environ par cheval et par heure. Les résultats bien supérieurs qui ont été indiqués dans diverses publications (on a parlé de 30 et 40 grammes par cheval-heure) doivent être écartés comme trop optimistes; nous ne disons pas qu'on ne les ait pas réalisés dans des essais conduits avec un soin spécial, mais, d'après les constatations faites à Froges, nous doutons qu'on les ait obtenus dans la pratique courante.

On peut, en se basant sur les chiffres qui précèdent, évaluer à 5 francs environ les frais spéciaux actuels du prix de revient du kilogramme d'aluminium à l'usine de Froges. Mais il importe de tenir compte aussi des frais généraux qui sont très considérables, et que l'on peut estimer à 180.000 ou 200.000 francs par an. Lorsque la fabrication aura reçu tout le développement dont elle est susceptible, la production pourra atteindre 60.000 kilogrammes par an; elle est encore loin de ce chiffre parce que les débouchés sont encore trop limités. Alors la part des frais généraux dans le prix de revient ne dépassera pas 3 ou 4 francs, et si l'on réussit, comme il est permis de l'espérer, à diminuer encore les frais spéciaux, l'usine de Froges pourra produire l'aluminium à 6 ou 7 francs le kilogramme.

Les prix de vente actuels varient de 20 à 30 francs le kilogramme d'aluminium, pur ou contenu dans des

alliages ; on peut admettre une moyenne de 23 à 24 francs. Avant l'application du procédé Héroult, l'aluminium valait 100 francs environ le kilogramme.

Il nous reste, pour terminer ce travail, à donner quelques renseignements sur les principales propriétés des alliages d'aluminium offerts aujourd'hui au commerce à des prix acceptables ; il nous paraît inutile de revenir sur celles de l'aluminium pur, pour lesquelles nous ne pouvons mieux faire que de renvoyer aux travaux de Sainte-Claire Deville ; nous rappellerons seulement que, si l'aluminium ne peut avoir la prétention de se substituer aux métaux précieux, sa légèreté (poids spécifique 2,65), sa couleur d'un blanc légèrement bleuâtre, son inaltérabilité à l'air, sa malléabilité, sa ductilité le rendent d'un emploi très avantageux dans la lunetterie, la fabrication des instruments de musique, l'orfèvrerie et la bijouterie ; il trouvera certainement de nouveaux emplois dans l'avenir.

Les principaux alliages d'aluminium sont le ferro-aluminium, le bronze et le laiton d'aluminium.

L'alliage de fer et d'aluminium se prépare le plus habituellement avec une teneur en aluminium de 10 p. 100 ; il a trouvé son application la plus intéressante dans la fabrication de l'acier sans soufflures.

L'aluminium introduit dans un bain d'acier plus ou moins oxydé réduit l'oxyde de fer en se transformant en alumine ; c'est, suivant toute apparence, à cette propriété réductrice qu'il convient d'attribuer les effets de l'addition d'une faible proportion de ce métal : 1/2 millième, un millième d'aluminium au maximum suffisent en effet pour empêcher tout dégagement de gaz pendant la solidification de l'acier fondu et suppriment ainsi les soufflures. M. Oestberg, de Stockholm,

expliquait cette action en admettant que cette faible addition abaissait de 200 degrés environ le point de solidification de l'acier. M. Ledebur, de Freiberg, a combattu cette théorie et proposé d'expliquer le fait constaté par la réduction de l'oxyde de fer; l'aluminium agit d'abord comme le feraient le manganèse ou le silicium, mais il a sur eux cet avantage que, tandis que l'oxyde de manganèse ou la silice peuvent se réduire à nouveau au contact des moules, plus ou moins enduits de carbone, qui se transforme en oxyde de carbone, l'alumine plus difficile à réduire résiste à cette décomposition.

Quoiqu'il en soit, l'addition d'une faible proportion d'aluminium, un millième au plus, paraît augmenter la fluidité des bains d'acier ou de fonte; elle met en liberté une partie du carbone dissous dans le fer et le transforme en graphite qui se précipite; elle évite ainsi la trempe en coquille et rend les aciers et les fontes plus doux et plus homogènes. En outre, elle paraît augmenter sensiblement leur résistance au choc et à la flexion.

Le bronze d'aluminium est un alliage de cuivre et d'aluminium contenant ordinairement 2 1/2, 5 ou 10 p. 100 d'aluminium. Sa couleur se rapproche de celle de l'or et varie, suivant la teneur en aluminium, de l'or jaune à l'orange; elle est particulièrement belle dans l'alliage à 5 p. 100. Les alliages tenant de 5 à 10 p. 100 possèdent une dureté supérieure à celle du bronze ordinaire, une parfaite inaltérabilité et une ténacité qui les rendent éminemment propres à la fabrication de pièces de machines exposées à de grandes fatigues et permettraient peut-être de les employer avantageusement à la fabrication des canons. M. le professeur Tetmajer a obtenu, au laboratoire d'essai de l'École polytechnique de Zurich, les résultats ci-après pour des bronzes d'aluminium de diverses teneurs coulés en coquille.

			Résistance à la traction par millimètre carré.	Allongement de rupture en centièmes.
Bronze d'aluminium à 5 $\frac{1}{4}$ pour 100.			42 k.	63
—	8 $\frac{1}{2}$	—	50	52
—	9	—	58	32
—	9 $\frac{1}{2}$	—	61	19
—	10	—	64	11

Comme termes de comparaison, nous citerons les coefficients suivants déterminés dans les mêmes conditions :

	Résistance.	Allongement.
Bronze ordinaire	23 k.	7
Bronze phosphoreux	29	17
Bronze manganésé	26	19
Métal-Delta	38	19
Fer en barres	38	22
Acier fondu	55	14

Des expériences faites au laboratoire central d'électricité de Paris ont donné, pour des fils de bronze d'aluminium tréfilés, des charges de rupture de 120 kilogrammes par millimètre carré; on a pu plier un de ces fils 40 fois, sur un rayon de 6 millimètres, avant d'en déterminer la rupture.

Le laiton d'aluminium est un alliage de cuivre, de zinc et d'aluminium dont la composition ne diffère de celle du laiton ordinaire (cuivre-zinc) que par l'addition d'un à 2 p. 100 d'aluminium. Mais cette addition en augmente considérablement la résistance à la traction.

M. le professeur Tetmajer a obtenu, en opérant sur des laitons d'aluminium coulés en éprouvettes, non tréfilés, les résultats ci-après :

			Résistance à la traction par millim. carré.	Allongement de rupture en centièmes.
Laiton à 1 p. 100 d'aluminium.			40 k.	50
—	1 $\frac{1}{2}$	—	45	39
—	2	—	48	30
—	2 $\frac{1}{2}$	—	52	20

Passé à la filière, il donne des fils dont la résistance à la rupture atteint 105 kilogrammes par millimètre carré de section; il supporte jusqu'à 70 pliages sur un rayon de 6 millimètres sans se rompre. Il a une conductibilité électrique qui dépasse 30 p. 100 de celle du cuivre électrolytique pur et parait appelé à rendre de grands services dans la fabrication des câbles de traction et des câbles télégraphiques.

Grenoble, décembre 1889.

OBSERVATIONS

SUR

L'ÉLECTRO - MÉTALLURGIE DE L'ALUMINIUM

Par M. LODIN, Ingénieur en chef des mines,
Professeur de métallurgie à l'École des mines.

L'intéressante description donnée par M. Kuss des procédés appliqués à l'usine de Froges pour la production de l'aluminium, peut être utilement complétée par l'indication de certains rapprochements que ces procédés comportent avec d'autres méthodes employées pour arriver au même but.

Les brevets pris par M. Héroult correspondent à deux formules bien distinctes ; le premier a pour base l'électrolyse d'un mélange d'alumine et de cryolithe en fusion ; le second, l'électrolyse de l'alumine fondue par le courant lui-même.

Ainsi que M. Kuss le fait remarquer très judicieusement, la théorie du premier procédé est loin d'être aussi simple et aussi bien établie que paraît le supposer l'inventeur. L'altération progressive du bain de cryolithe prouve que cette matière ne joue pas le rôle d'un simple dissolvant de l'alumine, mais qu'elle se décompose en même temps que celle-ci dans une proportion plus ou moins considérable.

L'électrolyse de la cryolithe tenue en fusion par le passage même du courant est la base du procédé Klei-

ner (*); dans ce procédé, la cryolithe, entassée en poudre bien sèche dans un récipient à parois en bauxite, serait liquéfiée par la formation de l'arc voltaïque, sous une tension de 80 à 100 volts, entre deux électrodes en charbon, l'une annulaire et placée sur la paroi du récipient, l'autre cylindrique et placée suivant l'axe. Une fois la production de l'arc provoquée au moyen d'une baguette auxiliaire en charbon, l'électrolyse de la cryolithe fondue s'effectuerait sous l'action d'une force électromotrice de 50 volts, à raison de 3 grammes d'aluminium par cheval-heure. Le procédé paraît donc peu satisfaisant comme rendement.

On doit remarquer que la bauxite employée pour former les parois doit se dissoudre peu à peu dans la cryolithe en fusion, et que par suite l'électrolyse s'opère en réalité sur un mélange d'alumine, de fluorure d'aluminium et de fluorure de sodium.

Le procédé de MM. Minet et Bernard frères a pour base, comme le précédent, l'électrolyse du fluorure d'aluminium mélangé avec du chlorure de sodium et parfois avec du fluorure de sodium; mais ici le mélange à électrolyser est maintenu à l'état liquide par l'action d'une source de chaleur distincte du courant électrique, ce qui est assez rationnel, du moment que le point de fusion de ce mélange n'est pas trop élevé.

Avec les proportions suivantes :

Fluorure d'aluminium. .	40	»	35
Fluorure de sodium, . .	»	»	10
Cryolithe.	»	20 à 50	»
Chlorure de sodium. . .	60	80 à 50	55
	<u>100</u>	<u>100</u>	<u>100</u>

il suffit d'une température de 700° à 800° pour maintenir

(*) *Engineering*, 25 mars 1887.

le bain à l'état liquide. Même à cette température relativement modérée, le vase en fonte dans lequel on opère serait sensiblement attaqué si on ne le protégeait en le faisant revêtir par le courant lui-même d'une couche mince d'aluminium ou plutôt d'un alliage riche en aluminium; il suffit pour cela de le relier à l'électrode négative au moyen d'un conducteur de résistance telle qu'il ne passe par cette dérivation que 0,05 à 0,10 de l'intensité totale du courant. C'est dans ces conditions, avec une plaque de graphite pour électrode négative, que l'on obtient de l'aluminium pur. Le travail se fait normalement avec une force électromotrice de 5 volts; la quantité d'aluminium produite par cheval-heure atteindrait 25 grammes. Le fluor se dégage à l'électrode positive, formée d'une plaque en carbone; on volatilise par 24 heures 10 p. 100 environ du poids du fluorure d'aluminium maintenu en fusion.

Quand on veut produire de l'aluminium ferreux, on prend pour électrode négative le vase en fonte dans lequel on opère; on a alors toute facilité pour couler l'aluminium par un trou latéral. On introduit dans le bain de l'alumine ou de la bauxite, ce qui supprime le dégagement de fluor à l'électrode négative. Il est probable que, dans ce cas, c'est un mélange d'acide carbonique et d'oxyde de carbone qui se dégage sur cette électrode, et que le carbone qui la constitue joue un rôle réducteur, comme dans le procédé Héroult.

D'après les inventeurs, la production d'aluminium atteindrait, dans ces conditions, le chiffre de 40 grammes par cheval-heure. Ce chiffre, ainsi que celui qui correspond à la production de l'aluminium pur, est sensiblement plus élevé que celui indiqué par M. Kuss, comme résultant de la pratique de l'usine de Froges; la différence peut tenir à ce que, dans le procédé Héroult, le courant électrique sert non seulement à électrolyser le

bain, mais encore à le maintenir à l'état liquide, tandis que, dans le procédé Bernard-Minet, ce dernier résultat est obtenu par l'intervention d'une source extérieure de chaleur.

Si le premier procédé Héroult se rapproche des procédés Kleiner et Bernard-Minet, le deuxième a surtout des analogies avec le procédé Cowles, défini par des brevets successifs dont le premier remonte au 9 juin 1885. Ce procédé a déjà fait l'objet de plusieurs descriptions dont la plus récente et la plus complète est due à M. Van Langenhove(*) ; il a pour principe la réduction de l'alumine par le charbon à une très haute température, obtenue par le passage d'un courant électrique.

Ce principe semble, à première vue, absolument différent de celui du deuxième procédé Héroult, qui consisterait, d'après le certificat d'addition du 19 septembre 1887, à *électrolyser l'alumine fondue par l'action du courant lui-même*. Mais il faut remarquer que M. Héroult fait usage, pour effectuer cette électrolyse, d'une électrode positive en charbon et que cette électrode positive se brûle rapidement avec production d'oxyde de carbone. D'après la note de M. Kuss, on consommerait ainsi dans l'électrolyse de l'alumine dissoute dans la cryolithe 1.600 grammes de carbone par kilogramme d'aluminium produit ; or, il suffirait théoriquement de 655 grammes pour opérer la réduction de l'alumine avec formation d'oxyde de carbone. Il est probable que la consommation de carbone est au moins aussi considérable quand on traite l'alumine pure. Dans ces conditions, on ne saurait dire s'il y a réellement électrolyse de l'alumine fondue ou réduction par le carbone ; pour s'en rendre compte, il faudrait savoir si le procédé Héroult peut, comme le

(*) *Revue universelle des mines et de la métallurgie*. — 3^e série, t. VIII, p. 18 (nov. 1889).

procédé Cowles, utiliser des courants alternatifs; mais cette expérience décisive n'a pas été faite. Les conditions pratiques du travail sont sensiblement différentes dans les deux procédés; le procédé Cowles exige une force électromotrice de 60 à 70 volts, le procédé Héroult, une force électromotrice de 10 à 15 volts seulement. Le rendement en aluminium serait, d'après M. Van Langenhove, peu différent à Stoke on Trent de ce qu'il est à Froges : il serait en moyenne de 22 grammes par cheval-heure pendant la marche normale en bronze d'aluminium et de 16 grammes en ferro-aluminium. En tenant compte des ralentissements des machines, des arrêts, etc., ces chiffres s'abaisseraient à 12^{gr},5 et 10 grammes.

Dans l'application du procédé Cowles, il a été constaté que le rendement augmentait avec l'intensité du courant employé.

NOTE
SUR DIVERS SYSTÈMES DE FERMETURE
DES LAMPES DE SURETÉ

Par M. L. JANET, Ingénieur des mines.

L'emploi des lampes et l'usage des explosifs sont les causes de danger les plus graves dans les mines à grisou.

Les statistiques démontrent que les accidents causés par les lampes sont de beaucoup les plus nombreux, il est vrai d'ajouter qu'ils font un moins grand nombre de victimes que ceux qui ont pour cause le tirage des coups de mine. Le coup de mine détermine en effet, dans toute la partie avoisinante, un ébranlement assez intense pour mélanger à l'air des galeries le grisou se trouvant dans les poches du toit et mettre en suspension les poussières de houille. Les chances pour que l'inflammation se propage de proche en proche et occasionne un accident très grave sont donc plus fortes que si le grisou avait été enflammé par une lampe dans une atmosphère calme.

Les accidents amenés par l'emploi des lampes peuvent être rangés en trois catégories. Le grisou s'enflamme soit sur une lampe à feu nu, soit sur une lampe de sûreté imprudemment détamisée par un ouvrier, soit enfin sur une lampe de sûreté en mauvais état ou d'un type

défectueux, laissant l'inflammation se propager au dehors.

L'emploi exclusif de l'éclairage électrique n'offrirait pas, contrairement à ce que croient beaucoup de personnes, une sécurité absolue ; car une lampe à incandescence, dont on vient à briser le verre, détermine généralement l'inflammation d'un mélange explosif.

La première catégorie d'accidents ne peut guère se produire que dans les mines où le grisou commence à se montrer ; en effet, dès qu'on en voit une certaine quantité, il y a lieu d'adopter sans hésitation la lampe de sûreté.

Dans la troisième catégorie, on peut faire deux subdivisions, suivant qu'il s'agit d'accidents causés par le défaut d'entretien ou par les imperfections du type même de la lampe.

Tantôt c'est un verre fendu ou un tamis perforé, tantôt une lampe dont les diverses parties, mal agencées entre elles, laissent un vide suffisant pour permettre la propagation de la flamme au dehors. Une surveillance minutieuse à la lampisterie peut seule prévenir ces accidents.

Quant aux accidents imputables au type même de la lampe, ils tendent à devenir de moins en moins fréquents, grâce aux perfectionnements apportés à l'appareil Davy. Aujourd'hui on est en possession de lampes, telles que les Mueseler, les Marsaut, les Fumat, paraissant offrir une sécurité presque absolue, dans les conditions où elles peuvent se trouver en pratique.

Tous ces accidents ne sont que dans une faible mesure imputables aux ouvriers. Il n'en est pas de même de ceux amenés par l'enlèvement du tamis. Les règlements de toutes les mines à grisou interdisent aux ouvriers d'ouvrir leurs lampes dans les travaux ; ils sont donc en partie responsables des accidents résultant de l'inobservation de ces règlements.

Plusieurs mobiles poussent le mineur à ouvrir sa

lampe; il le fait quelquefois pour se procurer du feu, pour allumer sa pipe ou pour enflammer la mèche d'un coup de mine; il y a lieu de remarquer qu'il pourrait arriver au même résultat en ayant des allumettes dans sa poche. S'il est muni d'une lampe sans verre, comme la lampe Davy, il est tenté d'enlever le tamis pour voir plus clair. Mais c'est surtout lorsque sa lampe s'éteint qu'il cherche à éviter la perte de temps résultant de l'obligation d'aller au poste de rallumage souvent très éloigné; il ouvre alors sa lampe et la rallume, soit à l'aide de la flamme de celle d'un de ses compagnons de travail, qu'il ouvre également, soit simplement avec des allumettes.

L'importance de la question de fermeture des lampes est mise en évidence par l'augmentation énorme du nombre de rallumages qu'on observe toutes les fois qu'on installe un bon système de fermeture. Le nombre varie naturellement beaucoup avec la plus ou moins grande facilité d'extinction de la lampe. On peut donner à cet égard les chiffres suivants observés dans diverses mines du bassin de Valenciennes (*):

	Nombre d'extinctions.
Lampe Davy	10 à 20 p. 100.
Lampe Boty	20 à 30 p. 100.
Lampe Marsaut	30 à 40 p. 100.
Lampe Mueseler	50 à 60 p. 100.

Avant que les lampes fussent efficacement fermées, le nombre des rallumages atteignait rarement une proportion de 3 à 4 p. 100.

En présence de ces résultats, il est permis de dire que

(*) Ces chiffres n'ont rien d'absolu; ils sont susceptibles de varier avec l'habileté des ouvriers et la nature du gisement, les extinctions étant plus fréquentes dans les veines minces et fortement inclinées.

la fermeture offre une importance au moins aussi grande que le type lui-même de la lampe. A quoi bon, en effet, se donner tant de peine pour éviter la propagation de la flamme de l'intérieur à l'extérieur, si, chaque jour, un grand nombre de ces lampes sont ouvertes au fond, et deviennent ainsi presque aussi dangereuses que des lampes à feu nu ?

Le but de cette note est de décrire, non pas tous les systèmes qu'ont pu imaginer les inventeurs, mais seulement ceux qui sont passés dans le domaine de la pratique courante, et spécialement ceux qui sont en usage aujourd'hui dans les mines françaises. Afin de laisser à ce travail un caractère exclusivement technique, nous étudierons surtout ces systèmes au point de vue de la sécurité qu'ils assurent et laisserons de côté la question du prix d'établissement et d'entretien.

Les divers appareils de fermeture peuvent être classés en trois groupes principaux suivant le but qu'ils doivent réaliser :

1° Impossibilité absolue pour les ouvriers d'ouvrir leurs lampes ;

2° Impossibilité absolue d'ouvrir les lampes sans laisser des traces de la contravention commise ;

3° Impossibilité d'ouvrir les lampes sans en déterminer l'extinction.

APPAREILS AYANT POUR BUT DE RENDRE IMPOSSIBLE L'OUVERTURE DES LAMPES.

Il semble au premier abord très facile en principe de fermer les lampes de manière que les ouvriers ne puissent les ouvrir ; cependant, parmi les nombreux systèmes imaginés dans ce but, bien peu ont pu résister à l'essai pratique.

La solution la plus naturelle et qu'on a essayée aussitôt après l'adoption des lampes de sûreté, consiste dans l'emploi d'un cadenas. Mais le prix d'achat, et le dérangement fréquent de ces appareils, ainsi que la possibilité pour les ouvriers de se procurer de fausses clefs, ont vite fait renoncer à ce système.

On a dès lors, presque dès le début de l'emploi des lampes de sûreté, remplacé le cadenas par un verrou actionné par une tige à vis. Cette tige est renfermée dans un tube qui traverse le réservoir à huile. Pour ouvrir la lampe, il suffit d'abaisser le verrou de fermeture; on obtient ce résultat en agissant, au moyen d'une clef particulière, sur la tige qui l'actionne.

Le principe de ce système a été appliqué d'une manière générale jusqu'à ces dernières années, et l'est encore aujourd'hui dans un grand nombre de mines; les dispositions de détail ont beaucoup varié, mais il est absolument inutile d'en donner la description. Les ouvriers ouvrent sans difficulté leurs lampes, soit avec de fausses clefs, soit même avec des morceaux de bois convenablement taillés.

Cependant un certain nombre d'inventeurs continuent à chercher dans cette voie. M. Vialla, ingénieur aux mines de Lalle (*), vient de proposer de remplacer les clefs à trou carré, dont on se sert presque partout, par des clefs taraudées; il compte, en faisant le taraudage à gauche (ce genre de tarauds n'existant pas dans le commerce), augmenter les difficultés qu'éprouveraient les ouvriers à se procurer de fausses clefs. Notons que l'inventeur du système reconnaît lui-même qu'il ne permettra pas d'éviter complètement les ouvertures intempestives des lampes, mais qu'il diminuera seulement le nombre

(*) Voir *Comptes rendus mensuels de la Société de l'industrie minière*, juin 1889.

d'imprudences commises de ce chef. Il est clair, en effet, qu'il sera encore assez facile aux ouvriers, s'ils le désirent, de se procurer de fausses clefs en s'adressant à un forgeron quelconque.

Il faudrait, pour avoir de bons résultats, munir les lampes d'une serrure de sûreté ne s'ouvrant qu'avec une clef à profil compliqué et différente pour chaque lampe. Nous ne pensons pas qu'un pareil système puisse être appliqué dans la pratique. Tout mécanisme délicat se détériorerait très vite dans la mine et serait obstrué par la poussière de charbon; les appareils devraient dès lors être remplacés d'une manière continuelle.

Il est donc permis de dire que, jusqu'à présent, on n'a encore trouvé aucun système pratique de fermeture à clef que les ouvriers ne sachent ouvrir.

Quelques inventeurs ont proposé l'emploi d'une vis à un très grand nombre de tours, destinée à lasser la patience de l'ouvrier, tandis qu'une répétition d'engrenages permet d'en venir rapidement à bout dans la lampisterie. Ce système ne s'est pas répandu jusqu'à présent.

Tout récemment, un ouvrier mineur de la Compagnie des mines de Courrières, M. Lemaire, vient d'imaginer un appareil dans lequel le verrou de fermeture est rendu solidaire d'un manchon mobile entourant le réservoir à huile, et maintenu soulevé par l'action d'un puissant ressort, qui prend appui sur un faux-fond fixe. Pour ouvrir la lampe, il faut déterminer l'abaissement du manchon mobile, ce qu'il est impossible, d'après l'inventeur, de faire sans un appareil spécial, permettant d'encastrier le manchon dans un collier qui le serre énergiquement et de produire l'abaissement de ce collier, les autres parties de la lampe étant maintenues fixes.

Cette fermeture, que son auteur a fait connaître en juin 1889, n'a pas été essayée dans la pratique; on ne peut donc se prononcer définitivement sur sa valeur. Cepen-

dant nous supposons que les ouvriers arriveront vite à l'ouvrir; le collier, sur lequel repose tout le système, est un appareil dont il est trop facile d'imiter l'effet.

Nous pensons qu'on ne peut trouver une solution complète du problème, qu'en déterminant le mouvement du verrou par des agents spéciaux hors de la portée des ouvriers, comme l'électricité ou les fluides sous pression; le premier principe a donné naissance à la fermeture électro-magnétique Villiers; le second, à la fermeture hydraulique Cuvelier et Catrice. Nous allons successivement étudier ces deux remarquables appareils.

Fermeture électro-magnétique Villiers. — Cette fermeture fut étudiée par M. Villiers, directeur de la Société des houillères de Saint-Étienne, à la suite du terrible coup de grisou du 8 novembre 1871, au puits Jabin, où soixante-dix ouvriers perdirent la vie, et qui fut attribué à l'ouverture d'une lampe de sûreté.

L'appareil a été appliqué depuis 1872 (*) aux fosses grisouteuses de la Société des houillères de Saint-Étienne, et fonctionne encore aujourd'hui à l'entière satisfaction des exploitants. Depuis l'origine de ce système, M. Villiers a apporté, avec la collaboration de M. Chansselle, ingénieur principal de la même Société, quelques perfectionnements de détail à l'appareil servant à ouvrir les lampes.

La lampe se ferme par le jeu d'un loquet repoussé constamment par un ressort à boudin, et dont l'extrémité, taillée en biseau, entre dans les crans d'une crémaillère circulaire pratiquée dans le chapeau de la lampe (voir Pl. XIII, fig. 1 et 2). Ce loquet est soudé à une pièce en fer doux, disposée horizontalement, et dont les extrémités

(*) Voir *Comptes rendus mensuels de la Société de l'industrie minière*, août 1873 et juin 1885.

sont en contact avec deux pistons, également en fer doux, mobiles dans des cylindres en cuivre. Tout ce mécanisme est renfermé dans une petite boîte en cuivre, soudée au-dessous du réservoir de la lampe, et qui ne laisse apparaître au dehors que les deux pistons de fer doux.

Pour fermer la lampe, il suffit simplement de visser le chapeau sur le réservoir à huile. Pour l'ouvrir, il faut abaisser le loquet, et par suite, vaincre la tension du ressort. On obtient ce résultat en mettant les deux pistons en fer doux en contact avec les pôles d'un électro-aimant ; ceux-ci sont attirés, deviennent eux-mêmes des aimants, et attirent à leur tour la pièce de fer doux placée au-dessus d'eux, qui est solidaire avec le loquet.

L'appareil employé d'abord pour ouvrir les lampes se composait d'une pile à acide sulfurique et à bichromate de potasse et d'un électro-aimant dont les deux pôles venaient se présenter au fond d'une petite cuvette en cuivre, où se logeait la lampe à ouvrir, de façon qu'il y eût coïncidence entre les pôles de l'électro-aimant et les pistons de la lampe.

Les piles étaient sujettes à des dérangements fréquents et à des réparations continuelles, car à cette époque l'électricité n'était pas comme aujourd'hui entrée dans la pratique courante. Dès 1873, on employa de préférence la machine Gramme qui venait d'être inventée ; sans entrer dans le détail de cette machine, rappelons qu'elle se compose essentiellement d'un aimant, entre les pôles duquel tourne un électro-aimant formé d'un anneau en fer doux, sur lequel est enroulé un fil conducteur isolé. Le mouvement était simplement donné à la Compagnie des houillères de Saint-Étienne au moyen d'une pédale actionnée par le lampiste. La lampe étant convenablement placée, il suffisait d'agir simultanément avec le pied sur la pédale et avec les mains sur le chapeau de la

lampe qu'on pouvait dévisser, grâce à l'abaissement du loquet.

En 1885, l'appareil a encore été simplifié ; il comprend aujourd'hui une table, sous laquelle est installé un aimant du système Jamin, dont les deux pôles peuvent être mis en contact avec les pistons en fer doux de la lampe. On produit non pas l'abaissement du verrou, mais le soulèvement de la lampe, qui repose sur une petite tablette mobile, que l'on élève au moyen d'un levier et d'une pédale. Un ressort à boudin ramène la tablette à sa position initiale après l'ouverture de la lampe.

Avec cet appareil, l'ouverture des lampes n'est pas plus longue que dans le cas d'une fermeture ordinaire à clef.

Les aimants, employés par la Compagnie des houillères de Saint-Étienne, exercent à leurs pôles, au début de leur mise en service, un effort de 30 kilogrammes ; en admettant même qu'ils s'affaiblissent notablement, on peut toujours employer des ressorts puissants pour maintenir le loquet soulevé.

La pratique a démontré d'une manière certaine qu'il était absolument impossible aux ouvriers d'ouvrir ces lampes.

Si le loquet de fermeture était rendu solidaire avec les pistons de fer doux (*), on pourrait concevoir que les ouvriers arrivent, au moyen d'une tige effilée, à attirer, malgré la précision du joint, les pistons assez énergiquement pour vaincre la résistance du ressort. Mais il n'en est pas ainsi, et un effort mécanique quelconque exercé sur les pistons ne fait pas bouger la pièce de fer doux placée au-dessus. Pour que celle-ci se déplace, il est

(*) Les premières lampes étaient construites d'après ce principe : c'est un simple ouvrier de la Compagnie des mines de Saint-Étienne, nommé Guillot, qui a eu l'idée de séparer le loquet des pistons.

indispensable qu'elle soit attirée par les pistons momentanément aimantés.

On pourrait encore imaginer, et c'est un fait commun à toutes les lampes présentant une crémaillère au contact du chapeau et du réservoir à huile, qu'en imprimant à la lampe un choc très brusque de haut en bas, on puisse déterminer, pendant un instant, l'abaissement du loquet, ce qui permettrait de dévisser l'appareil d'une dent, et, en recommençant un certain nombre de fois, d'arriver à l'ouvrir. Mais, dans la pratique, quelque violent que soit le choc, l'inertie du loquet est trop faible pour vaincre la résistance des ressorts, même quand ceux-ci sont très affaiblis, et nous avons vu que la force attractive des aimants permettait, au contraire, de leur donner une grande puissance.

L'entretien des appareils est très simple; on doit seulement surveiller les ressorts des lampes et remplacer ceux qui sont devenus trop faibles; quant aux électro-aimants et aimants, leur usure est presque nulle.

La fermeture électro-magnétique Villiers a été également appliquée, depuis quelques années, au fosses grisouteuses de la Compagnie des mines de Montrambert (Loire), où elle donne d'excellents résultats.

Nous rangerons dans la même classe la fermeture électro-magnétique Matthieu (*), qui n'est pas appliquée actuellement, mais repose sur un principe tout à fait analogue. L'action de l'aimant ou de l'électro-aimant s'exerce, à travers le fond de la lampe, sur une pièce de fer doux solidaire avec le verrou de fermeture.

Fermeture hydraulique Cuvelier et Catrice. — Le principe du système consiste à déterminer le mouvement

(*) Voir *Comptes rendus mensuels de la Société de l'industrie minérale*, mars 1883.

du verrou de fermeture par un fluide quelconque, comprimé ou raréfié.

C'est à la fin de l'année 1884 (*), aux mines de Douchy (Nord), qu'a été faite la première application pratique de ce système, en choisissant comme agent l'eau sous pression.

Dans la disposition adoptée à Douchy (voir Pl. XIII, *fig. 3 et 4*), le verrou de fermeture est maintenu abaissé, c'est-à-dire dans la position d'ouverture, par un ressort à boudin qui l'enveloppe; mais, lorsqu'il a été relevé, il est maintenu dans cette situation au moyen de butoirs constitués par les extrémités d'un tube manométrique Bourdon, soudé à la lampe en son milieu et communiquant avec l'extérieur par un conduit capillaire et courbe. Pour que la tige du verrou puisse descendre sous l'action du ressort indiqué plus haut, il faut écarter les deux extrémités du tube manométrique. On y arrive en introduisant de l'eau sous pression à l'intérieur de ce tube par le petit conduit dont nous venons de parler.

Une plaque de garde, soudée sous le réservoir de la lampe, ferme complètement la chambre dans laquelle est logé le tube manométrique; elle est seulement percée d'un petit trou permettant de pousser le verrou au moyen d'une broche qu'on y introduit, ce qui détermine la fermeture de la lampe.

On comprend que l'accumulateur employé pour l'ouverture des lampes peut être quelconque. L'appareil qui a été adopté, se compose d'un récipient en fonte monté sur trois pieds métalliques (voir Pl. XIII, *fig. 5*), et au centre duquel est fixé un cylindre de bronze d'environ 3 centimètres de diamètre intérieur, dans lequel se meut un piston présentant sensiblement la même section et

(*) Voir *Comptes rendus mensuels de la Société de l'industrie minière*, avril et juin 1885, et le *Génie civil*, t. IV.

dont la partie inférieure est munie d'un double cuir embouti. Ce cylindre reçoit à sa partie inférieure le tuyau de refoulement destiné à amener aux lampes le liquide sous pression dès que l'on ouvre le robinet dont il est muni, et, à sa partie supérieure, un tuyau plongeant dans le liquide que contient le récipient en fonte de l'appareil; par suite, lorsqu'on remonte le piston, le vide se fait dans le cylindre en bronze, qui se remplit de liquide aussitôt que la partie inférieure de ce piston a dépassé la hauteur de l'orifice d'aspiration; lorsqu'on l'abaisse, le liquide est chassé dans le conduit de refoulement et prêt à sortir sous pression dès qu'on ouvre le robinet qui est adapté à ce conduit.

Cette pression est obtenue et réglée au moyen de disques en fonte ou en plomb, suspendus à des tiges reliées à la crosse du piston, et dont le relèvement s'opère au moyen d'une vis terminée par un volant formant écrou et reposant sur une traverse fixée à la partie supérieure de l'appareil.

Le tuyau de refoulement du liquide aboutit au centre d'une sorte de matrice sur laquelle vient s'appliquer le prolongement extérieur du tube manométrique de la lampe, perforé en cet endroit, et que l'on maintient solidement au moyen d'un levier articulé.

D'après cette description, on comprend que l'ouverture des lampes s'opère avec une très grande rapidité.

Au début de l'application du système, on a quelque peu tâtonné pour déterminer la pression d'ouverture la plus convenable. Si cette pression était trop faible, l'ouvrier pourrait à la rigueur ouvrir la lampe à l'aide d'une petite seringue; il pourrait aussi, par un choc très brusque, déterminer un mouvement du tube manométrique suffisant pour faire tomber le verrou. On a d'abord employé des lampes s'ouvrant sous une pression de 25 kilogrammes par centimètre carré et l'on est monté

jusqu'à 50 kilogrammes. Au-dessus de 25 kilogrammes, il est absolument impossible aux ouvriers d'ouvrir les lampes sans disposer d'un accumulateur. On a, pendant quelque temps, aux mines de Douchy, promis une prime importante aux ouvriers qui rapporteraient leur lampe ouverte. Aucun n'a pu le faire.

L'entretien des appareils est très facile ; pour conserver une sécurité absolue, il est utile de vérifier, à peu près tous les six mois, les tubes manométriques et de remplacer ceux qui cèdent à une pression inférieure à 25 kilogrammes. Quant aux accumulateurs, ils ne comportent pas de pièces délicates ; les cuirs emboutis seuls doivent être changés de temps en temps.

La fabrication des tubes a été beaucoup perfectionnée dans ces derniers temps ; la maison Bourdon fabrique actuellement des tubes en bronze phosphoreux, réglés pour s'ouvrir sous une pression de 50 kilogrammes, et pouvant supporter une pression de 100 kilogrammes, sans subir aucune déformation permanente.

La fermeture hydraulique s'est rapidement répandue depuis quelques années dans le bassin de Valenciennes ; elle est employée aujourd'hui aux mines de Douchy, de Vicoigne et de Crespin (Nord), de Nœux, de Bruay, de Liévin et de Bully-Grenay (Pas-de-Calais), et partiellement aux mines de Lens (Pas-de-Calais).

APPAREILS AYANT POUR BUT DE RENDRE IMPOSSIBLE
L'OUVERTURE DES LAMPES SANS LAISSER DES TRACES
DE LA CONTRAVENTION COMMISE.

Les difficultés qu'on rencontra dans la recherche d'un appareil rendant absolument impossible l'ouverture des lampes par les ouvriers, conduisirent très vite certains inventeurs à proposer l'application de scellés analogues

à ceux employés par la douane et permettant de faire connaître sûrement les contraventions commises.

C'est ainsi que, dès 1832, une circulaire (*) de M. le directeur des ponts et chaussées et des mines, attirait l'attention des exploitants sur un dispositif imaginé par un sieur Régnier, mécanicien à Paris, et consistant à fermer la lampe avec une lame de plomb, dont on rapprochait les deux bouts en la pliant, et qu'on marquait d'une double empreinte, en comprimant fortement ses deux bouts à l'aide d'une presse portative.

Malgré la grande supériorité de ce dispositif sur les fermetures à clef seules en usage alors, il ne paraît pas qu'il se soit répandu.

Les divers appareils employés aujourd'hui et reposant sur le même principe, peuvent être rangés dans deux catégories, suivant que la fermeture est effectuée par une soudure ou par un rivet de plomb.

Soudure à l'étain. — Le principe du système consiste à fermer la lampe au moyen d'une soudure faite par le lampiste. Il a été imaginé par M. Dinant (**), employé aux mines d'Anzin, et appliqué, à partir de 1870, aux fosses les plus grisouteuses de cette compagnie.

La lampe est fermée par un piton (voir Pl. XIII, *fig.* 6 et 7) s'engageant dans une encoche pratiquée à la partie inférieure du chapeau. Le piton est solidaire avec une tige qui traverse complètement le réservoir et se termine à la partie inférieure par une platine allongée. On maintient le piton dans sa position de fermeture en soudant cette platine sur le fond du réservoir. La soudure est obtenue

(*) Circulaire du 14 août 1832.

(**) Cette fermeture est décrite dans la *Revue industrielle de l'arrondissement de Valenciennes*, septembre 1871. — Voir aussi les *Comptes rendus mensuels de la Société de l'industrie minière*, mars 1872.

au moyen d'un globule d'étain, dont on détermine la fusion avec un fer chauffé au rouge. L'opération s'effectue sur le réservoir des lampes séparées du tamis; il est facile de voir que le verrou saillant n'empêche pas de visser le chapeau; l'interposition d'un ressort à boudin, permet au verrou de descendre sous la pression du couvercle, jusqu'au moment où il se trouve en regard de l'encoche, dans laquelle il pénètre, poussé par le ressort, ce qui opère la fermeture de la lampe. Le même résultat serait d'ailleurs obtenu dans de meilleures conditions, si, au lieu d'une simple encoche, le chapeau était muni d'une crémaillère, comme dans la fermeture électro-magnétique Villiers.

Pour ouvrir une lampe, il suffit d'appliquer sur la platine un fer chauffé au rouge; l'étain entre en fusion, et, par le jeu d'un second ressort à boudin, le piton de fermeture sort de l'encoche. La lampe est alors ouverte.

Les ouvriers mineurs de la compagnie d'Anzin remontent au jour entre deux et quatre heures; l'ouverture et la soudure des lampes sont faites dans l'après-midi; le lendemain matin, au moment de la descente, il suffit d'allumer les lampes et de visser le chapeau.

D'après l'inventeur, un lampiste exercé peut souder cent lampes par heure; dans la pratique, nous ne croyons pas qu'il faille compter sur plus de cinquante ou soixante lampes.

Cette fermeture nous paraît offrir des garanties suffisantes au point de vue de la sécurité; il est clair qu'il est à peu près impossible à l'ouvrier d'avoir à sa disposition, dans le fond de la mine un fer chauffé au rouge; d'un autre côté, toute tentative d'ouverture par des moyens mécaniques, offrirait évidemment des traces d'effraction.

Il arrive cependant quelquefois que la platine se des-soude seule sous l'effort du ressort, soit à la suite d'un

choc, soit lorsque la soudure n'a pas été bien faite par le lampiste qui en est chargé. On ne peut donc pas toujours conclure qu'il y a contravention, lorsqu'on trouve une lampe ouverte entre les mains d'un ouvrier. La proportion de lampes ouvertes dans ces conditions, c'est-à-dire sans qu'on puisse affirmer la fraude, est, à la compagnie d'Anzin, d'environ une sur cinq cents.

Il est essentiel de tenir, sur le carreau de chaque fosse, un registre sur lequel on inscrit les noms des ouvriers qui ont rapporté leur lampe ouverte. Il est clair que, si le fait se renouvelle plusieurs fois, à peu d'intervalle, pour le même ouvrier, on se trouve en présence d'ouvertures volontaires de la lampe.

Les diverses pièces de la fermeture sont d'un entretien assez difficile ; c'est probablement ce qui a empêché le système de se répandre, alors qu'il réalisait, au moment où il a été appliqué, un progrès considérable sur toutes les fermetures à clef. Quoiqu'il en soit, la compagnie des mines d'Anzin, remplace peu à peu, sur ses lampes, la soudure Dinant par le système du rivet de plomb.

Rivure au plomb. — La fermeture des lampes au moyen d'un rivet de plomb qu'on écrase, et sur lequel on marque des signes spéciaux, est d'un emploi relativement récent en France. Dans leur rapport d'enquête de 1881 sur les mines à grisou étrangères (*), MM. Pernolet et Aguillon signalent l'application, dans quelques mines anglaises et westphaliennes, de la fermeture au rivet de plomb. Ce n'est que quelques années après que le système commença à se répandre en France ; aujourd'hui il est en usage, avec certaines variantes, dans un assez grand nombre de houillères.

(*) *Exploitation et réglementation des mines à grisou, en Belgique, en Angleterre et en Allemagne.* — Rapport de mission, par MM. Pernolet et Aguillon.

Le système employé à la compagnie d'Anzin est analogue à celui des mines de Westphalie. C'est à la suite d'un voyage dans ce pays, en 1886, que M. François, ingénieur en chef aux mines d'Anzin, appliqua le rivet de plomb aux mines de sa compagnie qui étaient munies d'une fermeture à clef, tout à fait inefficace ou de la soudure Dinant. L'appareil de fermeture est très simple: il se compose de deux petites lames soudées, l'une au réservoir, l'autre à la bague du chapeau (voir Pl. XIII, *fig.* 8). Ces lames sont percées chacune d'un œillet, et sont soudées de telle façon que ces œillets arrivent juste en face l'un de l'autre lorsque la lampe est fermée; on introduit alors dans le trou formé par ces œillets une cheville en plomb, qu'on rive au moyen d'une pince spéciale qui imprime en même temps, sur chaque extrémité du rivet, une marque bien apparente.

Pour dériver, on emploie une autre pince dont l'une des branches maintient l'œillet tandis que l'autre branche, qui est armée d'un poinçon, chasse le rivet.

Cette fermeture paraît offrir des garanties satisfaisantes; il est évidemment très difficile aux ouvriers de se procurer une pince à river. Néanmoins il est bon, pour plus de sûreté, de changer de temps en temps les marques imprimées sur les têtes des rivets.

En outre, de même que dans le système Dinant, il peut arriver que l'on trouve une lampe ouverte entre les mains d'un mineur sans qu'on puisse l'accuser d'une contravention; quelquefois l'ouvrier rapporte le rivet portant des marques absolument intactes à ses deux extrémités. Si le rivet de plomb est trop court, la tête formée par écrasement n'est pas assez large pour le maintenir; en outre, les œillets s'agrandissent par l'usage et peuvent laisser échapper le rivet. La proportion de lampes ouvertes dans ces conditions, c'est-à-dire sans qu'on puisse affirmer la fraude, est d'environ une sur

deux mille. Comme pour le système Dinant, il est essentiel de tenir, sur le carreau de chaque fosse, un registre sur lequel on inscrit le nom des ouvriers qui ont rapporté leurs lampes ouvertes.

Un lampiste exercé peut river de cent cinquante à deux cents lampes à l'heure.

Malgré sa grande simplicité, ce système de fermeture n'est pas sans présenter quelques inconvénients pratiques; les œillets, qui tendent à s'élargir, doivent, comme nous l'avons dit, être changés assez fréquemment. La lampe ne peut être rivée qu'allumée; pour certaines fosses, le lampiste a le temps d'allumer et de river les lampes pendant la descente des ouvriers; mais pour d'autres, où un grand nombre d'hommes peuvent prendre place dans la même cage, il doit venir plusieurs heures avant la descente. Il en résulte une plus forte consommation d'huile, et si on ajoute à cela la main-d'œuvre du rivage, les consommations de plomb, le remplacement des œillets, etc., on comprend que cette fermeture, qui n'occasionne qu'une très minime dépense de premier établissement, exige quelques frais supplémentaires pour son bon fonctionnement.

Le même système de fermeture est appliqué aux mines d'Ostricourt et de Ferfay (Pas-de-Calais).

Aux mines de Campagnac (Aveyron) (voir Pl. XIII, *fig. 9*), on emploie une disposition tout à fait analogue, seulement les deux œillets, au lieu d'être verticaux, sont disposés horizontalement.

A Blanzky (Saône-et-Loire) le principe est un peu différent; le réservoir à huile porte un anneau, et le chapeau de la lampe une pièce de tôle mobile autour d'un axe horizontal (voir Pl. XIII, *fig. 10*), et percée d'une ouverture correspondant à l'anneau, en sorte qu'on peut amener la pièce de tôle contre le réservoir; mais si on place un rivet de plomb dans l'anneau, les saillies du rivet em-

pêchent de soulever la pièce de tôle et par suite d'ouvrir la lampe.

A l'Escarpelle (Nord) (voir Pl. XIII, *fig.* 11), M. Brun, directeur de cette compagnie, pour transformer ses lampes de la manière la plus simple, a imaginé de prolonger la vis de fermeture jusqu'en dehors de la bague du chapeau, **et de placer un rivet de plomb dans un petit trou pratiqué à l'extrémité de cette vis.**

MM. Vialla et Catrice ont **cherché à supprimer l'obligation d'allumer la lampe avant de la river**; leur appareil (voir Pl. XIII, *fig.* 12 et 13) comprend un **verrou de fermeture avec ressort à boudin, s'appuyant sur un tronc de cylindre en acier.** Au-dessous se trouve un second tronc de cylindre, dont la section oblique peut coïncider avec celle du premier, et dont la rotation est déterminée par une pièce cintrée suivant le rebord intérieur de la lampe. Cette pièce est percée d'un œillet destiné à recevoir le rivet et correspondant exactement avec un autre trou percé dans la bague de la lampe.

Lorsque les deux œillets sont juxtaposés, le tronc de cylindre supérieur est soulevé, et le verrou se place dans la position de fermeture. On peut alors effectuer le rivetage à un moment quelconque, et, lors de la descente, il suffit d'allumer la lampe et de visser le chapeau dont la partie inférieure est munie d'une crémaillère.

On ouvre la lampe en chassant le rivet, et faisant tourner la pièce cintrée, de manière à déterminer la descente du tronc de cylindre supérieur, et par suite du verrou de fermeture, ce qui permet de dévisser le chapeau.

On essaie actuellement cet appareil aux mines de Lens et de Liévin (Pas-de-Calais).

La disposition imaginée par M. Dinoire, ingénieur aux mines de Lens, offre le même avantage; le rivet est placé sur le chapeau, au lieu de se trouver à la base du réservoir à huile. Un des montants en cuivre est remplacé par

une pièce plate en fer, percée d'un trou (voir Pl. XIII, fig. 14 et 15). Le verrou de fermeture est maintenu par un ressort à boudin, renfermé dans un tube portant un œillet qui se place en face du trou dont nous venons de parler. On effectue le rivetage comme dans les appareils précédents. Pour fermer la lampe, il suffit de visser le chapeau sur le réservoir à huile dont la partie supérieure est munie d'une crémaillère.

Pour enlever le rivet, au lieu de se servir d'une pince qui le chasse, on le coupe par le milieu. L'opération est un peu plus longue à la lampisterie, mais les œillets fatiguent moins et, par suite, ne s'élargissent pas autant.

Cet appareil est appliqué depuis le commencement de l'année 1889 à l'une des fosses de la Compagnie des mines de Lens, et a donné jusqu'ici toute satisfaction.

Le rivet est placé dans une position telle qu'il ne peut guère subir de choc qui déforme les empreintes, ni être sali par la poussière de charbon. L'inspection des rivets au fond par les surveillants est très commode. Le système Dinoire nous paraît un des meilleurs de tous ceux qui reposent sur l'emploi du rivet de plomb. Cependant les essais pratiques n'ont pas eu encore une durée assez longue pour qu'on puisse se prononcer définitivement sur sa valeur.

APPAREILS AYANT POUR BUT DE RENDRE IMPOSSIBLE L'OUVERTURE DES LAMPES SANS EN DÉTERMINER L'EXTINCTION.

Des divers appareils imaginés dans ce but, un seul est passé en France dans le domaine de la pratique : c'est la fermeture Dubrulle (*).

La mèche de la lampe est mise en mouvement par une

(*) Voir *Comptes rendus mensuels de la Société de l'industrie minérale*, février 1877.

vis qui actionne en même temps le verrou de fermeture, de manière que, pour effacer le verrou, et par suite pour ouvrir la lampe, il soit nécessaire de noyer la mèche dans l'huile. On peut d'ailleurs visser sans difficulté le chapeau lorsque le verrou est soulevé; car la partie inférieure de cette pièce est munie d'une crémaillère, et le verrou est maintenu par un ressort à boudin, qui cède au passage de chaque dent.

Ce système ne remplit qu'imparfaitement son but; on arrive facilement, dans la pratique, à ouvrir les lampes Dubrulle sans les éteindre; il suffit de faire carboniser l'extrémité supérieure de la mèche, en l'élevant avec excès, et de déterminer, en l'abaissant rapidement, la séparation d'un morceau qui continue à brûler pendant qu'on dévisse la lampe. En outre, pour les lampes du système Davy, sans tube de verre, on peut passer à travers les mailles du tamis une aiguille qui, maintenant la mèche, empêche celle-ci de descendre en même temps que le verrou.

D'ailleurs tous les appareils reposant sur ce principe, même au cas où ils rempliraient parfaitement leur but, n'en devraient pas moins être absolument condamnés.

Ainsi que nous l'avons dit, c'est surtout lorsque la lampe de sûreté est éteinte que l'ouvrier songe à l'ouvrir, afin de la rallumer, et, s'il a des allumettes dans sa poche, rien ne s'oppose à ce qu'il le fasse, ni ne permet de constater l'ouverture.

La fermeture Dubrulle ne donne donc qu'une sécurité absolument illusoire, et est aussi mauvaise que les fermetures ordinaires à clef. Elle est encore aujourd'hui très répandue en France, probablement grâce au bon marché des lampes livrées par ce constructeur; depuis quelque temps cependant, son emploi tend à diminuer (*).

(*) Ce mouvement ne peut manquer de s'accroître, grâce à

CONCLUSIONS.

L'examen des divers systèmes de fermeture que nous venons de passer en revue, nous amène à cette conclusion que les seuls offrant des garanties satisfaisantes, sont ceux qui rendent absolument impossible l'ouverture des lampes par les ouvriers, ou, si cette condition n'est pas remplie, permettent au moins de reconnaître les lampes qui ont été ouvertes. La fermeture électro-magnétique Villiers, la fermeture hydraulique Cuvelier et Catrice, la soudure Dinant, et la rivure au plomb rentrent dans ces conditions.

Les appareils reposant sur le premier principe, sont préférables au point de vue de la sécurité, car il est évident qu'il vaut mieux prévenir les imprudences, que de les réprimer après qu'elles ont été commises. Le contrôle est aussi beaucoup plus facile; il suffit, pour la fermeture électro-magnétique, de vérifier si le chapeau est vissé à fond, et pour la fermeture hydraulique, si le verrou a bien été poussé. Avec la rivure au plomb, il est indispensable d'avoir un lampiste qui examine soigneusement toutes les lampes venant du fond, afin de découvrir les rivets offrant des traces d'effraction. Nous avons vu aussi que quelquefois la soudure ou le rivet de plomb se détache sans qu'il y ait tentative d'ouverture de la

une circonstance particulière, indépendante du mode de fermeture. La plupart des lampes Dubrulle ont une cheminée intérieure et un diaphragme qui les fait rentrer dans la catégorie des Muescler bâtarde, dont la circulaire ministérielle du 8 août 1889, vient d'interdire l'emploi. Sans doute il suffit, pour obéir aux prescriptions de la circulaire, de retirer la cheminée et le diaphragme. Quoiqu'il en soit, plusieurs compagnies importantes, notamment celles de Bruay (Pas-de-Calais) et de Camagnac (Aveyron), viennent d'abandonner le type Dubrulle.

part de l'ouvrier, ce qui rend utile la tenue de registres sur lesquels on inscrit les lampes rapportées ouvertes. Pour que ces derniers systèmes (soudure Dinant et rivure au plomb) donnent de bons résultats, il est donc nécessaire de les surveiller de près.

La question de la fermeture des lampes de sûreté a fait de très grands progrès depuis quelques années. Dans le bassin houiller de Valenciennes, presque toutes les mines grisouteuses sont munies de bonnes fermetures. Dans le reste de la France, il y a encore beaucoup à faire à cet égard.

Il serait désirable que tous les exploitants comprennent enfin qu'ils peuvent être rendus responsables des imprudences commises par leurs ouvriers en ouvrant les lampes, du moment qu'il est possible d'empêcher ces imprudences. L'excuse consistant à alléguer qu'il n'existe aucun système de fermeture efficace et pratique est absolument inadmissible aujourd'hui.

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES MINES ET LES CARRIÈRES.

Extrait de rapports du ministre de l'intérieur, approuvés par le Président de la République en 1889 (*).

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES	MENTIONS honorables.
			en or. en argent.	— LETTRES de félicitations.
26 avril 1889.				
OISE.			classes.	
JOLY (Paul), sous-préfet de Roanne, précédemment secrétaire général de la préfecture de l'Oise.	Carrière souterraine à Lihus. (8 janv. 1889) (Voir <i>infra</i> .)	A donné à tous l'exemple du dévouement et s'est exposé à de sérieux dangers pendant la durée des travaux entrepris pour sauver un ouvrier enseveli sous un éboulement dans un puits de 12 mètr. de profondeur.	1 ^{re}	
21 mai 1889.				
AVEYRON.				
BRAVARD (Jules), maître mineur.	Mines de houille de Campagnac. (2 nov. 1888) Explosion de grisou. (Voir <i>infra</i> .)	A fait preuve d'un dévouement exceptionnel et a donné à tous l'exemple d'une abnégation au-dessus de tout éloge en travaillant au sauvetage des victimes de la catastrophe.	2 ^e	

(*) Cet extrait fait suite à celui qui a été publié dans le 2^e volume de 1888 (*Bulletin*), p. 537.

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.		
			MÉDAILLES		MENTIONS honorables. — LÉTTRES de félicitations.
			en or.	en argent.	
21 mai 1889 (suite).					
AVEYRON (suite)			classes.		
PLEINECASSAGNES (Cé- lestin), maître mineur.	Mines de houille de Campagnac. (2 nov. 1888) Explosion de grisou. (suite)	Ont rivalisé de zèle et de courage dans la même circon- stance.		1 ^{re}	
POIRRIEU (Jean-Marie), chef de poste.				1 ^{re}	
BOYER (François), id.				1 ^{re}	
GENIEZ (Baptiste), ou- vrier boiseur.				1 ^{re}	
MAUGRAS (Hippolyte), id.				2 ^e	
ROBERT (François), mal- tre mineur.				2 ^e	
IMBERT (Charles), id.		Se sont signalés en prenant part aux travaux de sauvetage.		3 ^e	
FAVIER (Gabriel), entre- preneur.				3 ^e	
AMOUROUX (Jean), char- pentier.				3 ^e	
PALAZY (Albert), machi- niste au puits d'Offet.				3 ^e	
FOULQUIER (Théophile), ouvrier mineur.					Mention honorable.
NOEL (Cyprien), id.					Id.
BESSIÈRES (Jean), id.					Id.
REY (Célestin), id.					Id.
RATABOUL (Pierre), id.					Id.
MAINE-ET-LOIRE.					
CHAY (Louis), ouvrier à l'ardoisière de la Mi- sengrain.	Ardoisière de la Misengrain. (15 nov. 1888) Effondrement.	S'est exceptionnellement dis- tingué en exposant sa vie, à plusieurs reprises, pour es- sayer de dégager un de ses camarades enseveli sous les décombres.	2 ^e		
MARTIN (Jean-Marie), id.		Se sont signalés par leur courageuse conduite dans la même circonstance.		2 ^e	
GAUTRU (François), id.				2 ^e	
GUILLET (Julien), id.					Mention honorable.

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.		
			MÉDAILLES		MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations.
			en or.	en argent.	

21 mai 1889 (suite).

OISE.

classes.

MUSTELIER (François), lieutenant au 3 ^e régi- ment du génie.			1 ^{re}	
BORDEL (Constant-Cy- rille), sergent au même régiment.		Ont rivalisé de zèle et de dévouement lors des travaux de sauvetage exécutés du 9 au 14 janvier 1889 pour sauver un ouvrier enseveli au fond d'un puits.	2 ^e	
PICARD (Jean-Baptiste- Edmond), caporal, id.			2 ^e	
MAILLARD (Emile), maitre ouvrier, id.			2 ^e	
DEBIZE (Antoine), sergent au même régiment.				Mention honorable.
BOULANGER (Emile-Ben- jamin), caporal, id.	Marnière souterraine, à Libus.			Id.
COUTURIER (Armand- François), maitre ou- vrier, id.	(8 janv. 1889) (Voir <i>suprà</i> .)			Id.
AUQUETIN (Charles), sa- peur mineur, id.				Id.
DUROLLET (Alphonse- Albert), id., id.		Belle conduite dans la même circonstance.		Id.
DEGREIGE (Charles-Emi- le), id., id.				Id.
DELAQUAIZE (Augustin- Joseph), id., id.				Id.
LEBRUN (Adolphe-Emile), id., id.				Id.
BOURGUIGNON (Joseph- Eugène-Arthur), id., id.				Id.

22 juin 1889.

PAS-DE-CALAIS.

BOULET (Auguste), ou- vrier mineur à Saint- Pierre-les-Auchel.	Mines de houille de Ferfay. (28 oct. 1888)	S'est particulièrement distin- gué dans deux circonstances, notamment le 28 octobre 1888, en portant secours à deux ou- vriers tombés asphyxiés au fond d'une galerie.	2 ^e	
--	---	---	----------------	--

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES	MENTIONS honorables.
			en or. en argent.	— LÉTTRES de félicitations
11 juillet 1889.				
GARD.				
classes.				
MARTIN (Cyprien), maître mineur, à Soulanou. <i>Mines de Soulanou</i>	Mines de houille de Soulanou. (4 juill. 1888)	N'a pas hésité à porter secours, dans des conditions très dangereuses, à deux ouvriers asphyxiés. S'est signalé par son dévouement dans la même circonstance.	2°	Mention honorable.
23 août 1889.				
AIN.				
LAVIGNE (Louis-Guillaume), conducteur des ponts et chaussées, à Lagnieu.	Carrière souterraine sise à Proulieu. (28 févr. 1889)	S'est particulièrement distingué en dirigeant les travaux entrepris pour retrouver le corps d'un homme enseveli sous un éboulement.	2°	
AVEYRON.				
DE CURIÈRES DE CASTELNAU, Ingénieur en chef des mines.	Mines de houille de Campagnac. (2 nov. 1888)	Se sont signalés par le courageux dévouement avec lequel ils ont organisé et dirigé les travaux de sauvetage.		Lettre de félicitations. Id.
BERNARD, Ingénieur des mines.	Explosion de grisou. (Voir <i>suprà</i> .)			
NORD.				
FRÈRE (Clément), chef porion aux mines d'Anzin.	Fosse Dutemple des mines d'Anzin. (30 mars 1889)	Se sont exceptionnellement distingués en prenant part aux travaux de sauvetage entrepris pour retirer les corps de deux ouvriers mineurs ensevelis sous un éboulement. — Le sieur Frère (Clément) est déjà titulaire de la médaille en argent. de 1 ^{re} classe.	2°	
FRÈRE (Alfred), id.			2°	

NOMS, prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées.	
			MÉDAILLES	MENTIONS honorables.
			en or.	— LÉTTRES de félicitations.

23 août 1889 (suite).

NORD (suite).

classes.

AUBRY (Arthur), ouvrier mineur, à Anzin.				Lettre de félicitations.
DUPONT (Timothée), id.				Id.
LEFEBVRE (Dexent), id.				Id.
DULIEU (Henri), id.				Id.
HUBERT (Charles), id.				Id.
NISON (Nicolas), id.				Id.
PASQUET (Jean-Baptiste), id.				Id.
THIETARD (Charlemagne), id.				Id.

OISE.

PELLÉ, Ingénieur des mines, à Arras.				Lettre de félicitations.
GOSSE, garde-mines, à Beauvais.				

4 novembre 1889.

OISE.

BADOUREAU, Ingénieur des mines, à Amiens.				Lettre de félicitations.
GOSSE, garde-mines, à Beauvais, d. n.				Id.

**STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE ET MÉTALLURGIQUE
DE L'EMPIRE DE RUSSIE EN 1886.**

Or. — La production de l'or en Russie en 1886, comparative-
ment à l'année 1885, a augmenté de 436 kilogrammes; elle s'est
élevée à 33.448 kilogrammes provenant du lavage de 20.300.050
tonnes de sable aurifère et de quartz, et se décompose ainsi :

Or d'alluvions. 31.241 kilogr.
Or de roches 2.204 —

Cette production se répartit ainsi qu'il suit entre les différents
gouvernements :

	OR d'alluvions	OR de roches	TOTAL
	kilogr.	kilogr.	kilogr.
Gouvernement de Perm	5.008	540	5.548
— d'Orenbourg.	2.510	1.118	3.628
— de Tomsk	1.902	101	2.003
Territoire de Sémipalatinsk.	130	"	130
— d'Akmolinsk.	106	"	106
Gouvernements d'Iénisséï et d'Irkoutsk	4.664	89	4.753
Territoire du Transbaïkal.	3.426	336	3.782
— d'Irkoutsk.	7.647	"	7.647
— de l'Amour.	5.658	"	5.658
Province du Littoral.	193	"	193

Le tableau suivant indique les changements survenus dans la
production de l'or pendant les dix dernières années :

MINES	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
De la Couronne.	213	"	"	"	"	"	"	"	"	"
Du Cabinet	2.539	2.555	2.146	2.211	1.753	1.622	1.654	1.491	999	1.688
De la Sibérie orientale.	29.664	28.714	28.337	29.222	24.947	25.061	23.882	24.193	24.245	20.529
De la Sibérie occidentale.	2.146	2.195	2.359	2.391	2.064	1.982	2.113	2.031	2.064	2.048
De l'Oural.	6.421	8.665	10.254	9.435	7.977	7.469	8.075	7.961	8.698	9.178
Finlande.	8	4	8	16	20	16	8	"	6	5
Totaux.	40.991	42.133	43.104	43.275	36.761	36.150	35.732	35.676	33.012	33.448

Des comptes rendus des travaux opérés dans les laboratoires il
résulte qu'on a obtenu, en 1886, 32.146 kilogrammes d'alliage
d'or, renfermant 27.894 kilogrammes d'or chimiquement pur. En
outre, l'or pur obtenu par la fusion de l'argent a été de 1.917 kilo-
grammes, de sorte que la quantité d'or pur obtenue en 1886 s'est
élevée à 29.811 kilogrammes.

Platine. — Il a été extrait, en 1886, 4.317 kilogrammes de platine brut, soit une augmentation sur l'année précédente de 1.726 kilogrammes.

Ce métal se recueille exclusivement dans le gouvernement de Perm : la plus grande partie en est fournie par les mines du district de Goroblagodok (2.329 kilogrammes), et par celles de Nijni-Taguisk (1.335 kilogrammes).

Les quantités de platine extraites pendant les dix dernières années ont été les suivantes :

En 1877.	1.694 kilogr.
— 1878.	2.068 —
— 1879.	2.264 —
— 1880.	2.947 —
— 1881.	2.986 —
— 1882.	4.084 —
— 1883.	3.536 —
— 1884.	2.237 —
— 1885.	2.591 —
— 1886.	4.317 —
Moyenne.	2.876 kilogr.

Monnaies. — L'hôtel de la monnaie à Saint-Petersbourg a fabriqué, en 1886 :

En monnaie d'or	27.055.175 roubles, soit 108.220.700 francs.
— d'argent.	1.510.353 — 6.042.212 —
— de cuivre	100 000 — 400.000 —
En tout.	28.665.728 roubles, soit 114.662.912 francs.

La fabrication des monnaies pendant les cinq dernières années a donné les résultats suivants :

MONNAIE	1882	1883	1884	1885	1886
	francs	francs	francs	francs	francs
Or.	108.748.160	100.476.216	107.208.352	72.504.840	108.220.700
Argent de banque.	2.019.416	2.225.244	1.802.076	2.256.364	2.042.204
Argent divisionnaire.	6.000.012	4.000.000	4.000.024	4.800.212	4.000.008
Cuivre.	1.924.600	1.199.408	400.000	400.000	400.000

Argent. — Onze usines ont travaillé en 1886 à l'extraction de l'argent, dont dix par le procédé de la coupellation et une par la méthode de voie humide.

Il a été fondu au total 27.707 tonnes de galène argentifère, dont il a été extrait 13.272 kilogrammes d'argent de coupelle, soit 2.013 kilogrammes de plus qu'en 1885.

Cette production se répartit de la manière suivante :

Mines du district d'Altaï (gouvernement de Tomsk)	10.044 kilogr.
— de Nertchinsk (Transbaïkalie)	868 —
— d'Alagirsk (au Caucase)	504 —
— de la steppe des Kirghises (Semipalatinsk)	1.385 —
— de Petkarandsk (gouvernement de Viborg)	471 —

A en juger par les épreuves faites dans les usines, la quantité du métal obtenue en 1886 contenait 12.492 kilogrammes d'argent pur; en ajoutant à ce chiffre la quantité d'argent comprise dans l'alliage d'or, soit 2.476 kilogrammes, la production totale de l'argent pur s'élève à 14.968 kilogrammes.

De ce qui précède il résulte qu'une grande partie de l'argent est obtenue en Russie sous forme de produit principal; le chiffre de la production de ce métal dépend en effet d'une manière générale de la plus ou moins grande extraction d'argent de coupelle. Les résultats obtenus pendant les dix dernières années se chiffrent en kilogrammes ainsi qu'il suit :

USINES	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.	kilog.
De l'Altaï	10.106	10.106	10.123	8.305	7.584	6.503	6.028	8.059	8.783	10.044
De Nertchinsk	639	754	827	819	901	819	827	868	832	869
Du Caucase	377	590	467	508	491	577	500	557	557	508
De l'Oural	33	"	"	475	459	111	4	"	"	"
De la steppe des Kirghises	"	"	"	"	"	"	12	180	573	1.376
Finlande	"	"	"	"	"	"	"	"	491	475
Totaux	11.135	11.450	11.417	10.107	9.435	8.010	7.371	9.664	11.253	13.272

On voit par les chiffres ci-dessus que le district d'Altaï est le grand producteur de l'argent en Russie, et que les fluctuations dans l'extraction de ce métal dépendent entièrement du rendement de ce district.

Plomb. — Les mines de plomb en Russie ne sont exploitées qu'en vue de l'extraction de l'argent. La production de ce métal a été, en 1885, de 777.430 kilogrammes, se répartissant ainsi qu'il suit, entre les usines

du cercle d'Altaï	361.600 kilogr.
de Nertchinsk	125.970 —
d'Alagirsk (au Caucase)	143.410 —
de la steppe des Kirghises	146.390 —

Le tableau suivant indique les quantités de plomb extraites pendant les dix dernières années :

1877.	1.204 ¹ ,2	1883.	513 ² ,2
1878.	1.396 ¹ ,9	1884.	632 ² ,3
1879.	1.357 ¹ ,0	1885.	715 ¹ ,0
1880.	1.145 ¹ ,8	1886.	777 ¹ ,4
1881.	986 ¹ ,4		
1882.	572 ¹ ,6	Moyenne. . . .	933 ¹ ,1

On voit par ce tableau comparé au précédent que l'extraction du plomb suit la même marche que celle de l'argent. En baisse jusqu'à 1884, elle s'est relevée depuis pour atteindre en 1886 un rendement supérieur de 62.400 kilogrammes à celui de l'année précédente.

Cuivre. — Il a été traité, en 1886, 100.395 tonnes de minerai de cuivre, dont il a été extrait 4.571 tonnes de cuivre en barres, soit 151 tonnes de moins qu'en 1885, ainsi qu'il ressort du tableau suivant :

MINES	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
De l'Oural.	1.359	1.776	1.286	1.665	2.065	2.112	2.715	3.636	2.403	2.452
Du Caucase.	1.144	717	807	586	615	746	894	1.434	1.337	1.546
De la steppe des Kirghises. .	512	510	511	462	304	313	364	565	392	66
D'Altai.	470	470	470	470	352	275	230	393	403	292
De Finlande.	16	46	38	19	119	97	154	191	187	215
Du Sud.	3	"	"	"	"	"	"	"	"	"
De Sibérie.	"	"	12	8	8	"	"	"	"	"
Totaux.	3.504	3.521	3.124	3.210	3.463	3.543	4.357	6.219	4.722	4.571

Le développement considérable donné dans tous les États à la production du cuivre (qui de 155.600 tonnes en 1883 est montée jusqu'à 260.000 tonnes), a eu pour résultat d'encombrer tous les marchés d'Europe et pour conséquence de faire baisser les prix de ce métal jusqu'au niveau le plus bas qui ait été atteint en 1885. Pour garantir le marché contre la concurrence étrangère, le gouvernement russe a élevé les droits de douane sur le cuivre en barres dans une proportion correspondant à la différence entre les prix sur le marché de Londres et celui qui a servi de base à la fixation de ces droits dans le tarif de 1885, et les a portés à 2 roubles métalliques et demi (10 francs) le poud, soit 1 rouble métallique (4 francs) de plus. Malgré cet accroissement de taxes, le cuivre russe a eu à subir les effets de la concurrence étrangère, en particulier du cuivre américain, qui, à cause de son très bas prix, est parvenu à lutter avec lui.

Zinc. — L'industrie du zinc est concentrée dans le royaume de Pologne, particulièrement dans le gouvernement de Pétrokovsk.

Il a été extrait, en 1886, 38.182 tonnes de minerai de zinc qui ont donné 4.495 tonnes de métal, soit 374 tonnes de moins qu'en 1885 ou 6,5 p. 100 et 4 p. 100 de moins que la moyenne des dix dernières années. Il a été laminé en 1886 3.213 tonnes de zinc en feuilles; le produit en blanc a été de 738 tonnes, pour la préparation desquelles on a employé 674 tonnes de métal.

Étain. — L'étain ne se traite que dans une seule usine, située à Pétkarandt, dans le gouvernement de Vibourg, et dont la production est insignifiante. Elle a été, en 1886, de 17 tonnes d'étain raffiné.

Cobalt. — Ce métal est fourni par la mine de Dachekassain, dans le gouvernement de Elisabethpol. Il en a été extrait, en 1886, 1.900 kilogrammes, soit 978 kilogrammes de moins qu'en 1885.

Mercure. — Le cinabre se trouve en Russie près de la station de Nikitow, dans le district de Bakhmout, dans des gisements qui ont été affermés à la société A. Auerbach et C^e. Il a été extrait, en 1886, 2.218 tonnes de ce minerai; mais la préparation du mercure n'a pas lieu sur place. Il s'est établi, en 1886, une usine pour sublimer le mercure, avec trois fourneaux munis de condensateurs en fonte; elle n'a commencé à fonctionner qu'au mois de décembre 1886.

Manganèse. — Le minerai de manganèse se trouve au Caucase, principalement dans le district de Scharopane, dans les districts de Tiflis et de Koutaïs, et en quantité moins considérable dans les gouvernements d'Ekaterinoslaw et de Perm.

La production s'est élevée, en 1886, à 74.402 tonnes, soit 13.868 tonnes de plus qu'en 1885; elle s'est répartie ainsi qu'il suit :

District de Scharopane	69.044 ¹	} En tout, dans le gouvernement de Koutaïs, 69.378 tonnes, soit 9.741 tonnes de plus qu'en 1885.
— de Koutaïs	334 ¹	
Gouvernement de Tiflis	108 ¹	
— d'Ekaterinoslaw	4.097 ¹	
— de Perm	819 ¹	contre 77 tonnes en 1885.
En tout	74.402 tonnes.	

Sur le montant total de la production du Caucase, soit 69.486

tonnes, il en a été exporté à Batoum et à Poti 62.463 tonnes, dont 62.316 ont été expédiées à l'étranger et 147 en Russie. L'exportation, en 1886, a augmenté de 12.547 tonnes comparativement à 1885.

Charbon. — Les mines de charbon exploitées en 1886, ont donné les résultats suivants :

Houille	3.971.700 tonnes.
Anthracite	536.900 —
Lignite et autres.	67.900 —
Total extrait.	4.576.400 tonnes.

Cette production se répartit ainsi entre les différents centres d'extraction :

	PRODUCTION des bassins	DÉCOMPOSITION DE LA PRODUCTION		
		Houille	Anthracite	Lignite
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Donetz	2.107.400	1.570.500	536.900	"
Pologne	1.966.500	1.942.700	"	23.800
Rayon de Moscou	256.400	233.100	"	23.300
Oural	198.300	198.300	"	"
Kouznetsk, gouvern. de Tomsk.	14.300	14.300	"	"
Kieff-Elisabethgrad.	14.100	"	"	14.100
Littoral de l'Amour.	6.700	6.700	"	"
Rayon du Turkestan	5.600	"	"	5.600
Steppe des Kirghises	5.000	3.800	"	1.200
Caucase	2.200	2.200	"	"

Le tableau suivant indique les quantités de charbon extraites en Russie pendant les dix dernières années :

	1877	1878	1879	1880	1881
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Donetz	801.200	1.131.400	1.253.000	1.413.500	1.495.500
Pologne	612.300	906.200	1.085.200	1.285.000	1.405.000
Rayon de Moscou	303.400	417.200	468.300	411.400	383.700
Oural	22.000	27.300	66.900	118.200	164.300
Steppe des Kirghises.	20.000	14.500	17.000	20.300	17.200
Kieff-Elisabethgrad.	3.600	5.400	15.800	8.800	9.000
Littoral de l'Amour.	5.700	600	2.800	8.200	5.200
Kouznetsk.	5.800	6.200	6.300	7.900	8.000
Caucase.	5.100	5.400	6.200	6.300	3.600
Turkestan.	8.600	7.000	6.100	5.000	"
Onéga.	"	1.100	1.600	3.300	1.100
Totaux	1.787.700	2.522.200	2.920.200	3.287.900	3.492.600

	1882	1883	1884	1885	1886
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Donetz	1.740.400	1.757.900	1.663.300	1.882.800	2.107.200
Pologne	1.381.300	1.677.200	1.691.900	1.790.100	1.966.500
Rayon de Moscou . . .	399.700	372.300	393.300	349.000	256.400
Oural	210.700	125.700	126.500	178.200	198.300
Steppe des Kirghises . .	17.400	20.800	21.900	26.800	5.100
Kieff-Elisabethgrad . .	10.800	9.400	10.400	9.100	14.100
Littoral de l'Amour . . .	11.600	6.100	6.900	9.000	6.700
Kouznetsk	6.900	6.100	8.900	13.000	14.400
Caucase	1.800	1.700	900	3.500	2.200
Turkestan	"	"	"	6.800	5.600
Onéga	"	"	"	"	"
Total	3.770.600	3.977.200	3.930.000	4.268.300	4.576.500

Il ressort des chiffres qui précèdent qu'en 1886 la production de charbon a augmenté, comparativement à l'année 1885, de 308.200 tonnes, soit de 7,22 p. 100; la plus forte partie dans cette augmentation revient au bassin du Donetz (224.400 tonnes ou 11 p. 100), puis au bassin de Pologne (176.400 tonnes ou 9,8 p. 100) et enfin au bassin de l'Oural (20.100 tonnes ou 11,3 p. 100).

La demande du charbon du Donetz a été, en 1886, de 12.985 tonnes contre 11.679 tonnes en 1885, soit une augmentation de 1.306 tonnes. Cette plus-value doit être attribuée à l'établissement, en 1884, d'un droit de 2 copecks en or (0^f,08) sur la houille étrangère importée par les ports de la mer Noire et de la mer d'Azow. Sans doute, malgré cette mesure, l'importation étrangère qui était, en 1886, de 240.800 tonnes, s'est encore élevée à 212.900 tonnes en 1886; mais elle n'a atteint ce chiffre que d'une manière accidentelle, ayant été provoquée par les prévisions de l'élévation du droit qui a été en effet porté, le 12 juin 1886, de 2 à 3 copecks en or (0^f,08 à 0^f,12). L'augmentation de l'importation par les frontières de la Baltique et de la Prusse (de 41.000 tonnes sur la première et 9.800 tonnes sur la seconde) s'explique par la même cause. Elle a précédé en effet l'élévation des droits qui ont été portés, le 4 mars 1887, de 1 copeck 1/2 (0^f,06) à 2 copecks en or (0^f,08) pour le charbon importé par les frontières de terre, et à 1 copeck en or (0^f,04) pour le charbon venant par les ports de la Baltique.

Les effets de cet accroissement de taxes ne se sont pas fait attendre. Dans le cours de l'année 1887, il a été importé en tout 1.240.000 tonnes (au lieu de 1.753.000 en 1886) se répartissant ainsi :

	En 1887.	En 1886.
Par les ports de la mer Noire et de la mer d'Azow.	54.000 t. au lieu de	212.900 t.
Par la frontière occidentale.	211.000	342.000
Par la Baltique.	1.154.000	1.745.000

La production de l'Oural, qui était tombée après 1882, s'est considérablement développée depuis quelque temps par suite de l'épuisement des forêts et du renchérissement du combustible végétal. Par contre, celle du bassin de Moscou a diminué de 26 p. 100. La houille de cette région perd de plus en plus, son propre marché, ne pouvant soutenir la concurrence du charbon du Donetz, qui, outre sa qualité supérieure, jouit d'un tarif de transport beaucoup plus favorable. Le Caucase a diminué sa production parce que les gisements houillers de cette province sont situés en partie dans des endroits si peu accessibles que les conditions du transport sont rendues très difficiles; en partie dans des régions qui ont conservé intactes leurs richesses forestières. Dans le royaume de Pologne enfin, grâce à l'établissement du tarif protecteur, la houille indigène trouve un écoulement facile et l'importation étrangère se borne à fournir les sortes que le bassin ne produit pas.

Consommation du combustible sur les chemins de fer russes en 1886. — D'après les données publiées par le Ministère des voies de communication, les quantités de combustible employé par les chemins de fer russes (ceux de Finlande et de Transcaucasie exceptés), dont le réseau atteignait en 1886 une longueur de 26.150 kilomètres, sont les suivantes :

Combustible minéral.

1) Anthracite du Donetz	111.790 tonnes.
2) Houille du Donetz	571.966 —
— du bassin de Moscou	105.582 —
— de l'Oural	55.174 —
— du Kouban	3 —
— de Pologne	228.374 —
— de Sibérie	1.942 —
— d'Angleterre	72.332 —
3) Briquettes de charbon étranger	17.163 —
4) Coke russe	1 615 —
— étranger	2.051 —
5) Tourbe	33.050 —
Naphte	94.802 —
Total du combustible minéral.	1.295.814 tonnes.
dont : Combustible russe	1.204.298 —
Combustible étranger	91.516 —

Naphte et produits du naphte. — Il a été extrait en Russie, pendant l'année 1886, 1.972.400 tonnes de naphte, parmi lesquelles 1.940.900 tonnes proviennent du bassin de Bakou et 17.500 tonnes des terrains pétrolifères du Kouban. En outre, le traitement du naphte et de ses produits a donné 267 tonnes de benzine, 619.770 tonnes d'huiles et 41.385 tonnes d'huile de graissage.

Le tableau suivant indique la production du naphte et des huiles lampantes pendant les dix dernières années :

ANNÉES	NAPHTE	HUILE d'éclairage	ANNÉES	NAPHTE	HUILE d'éclairage
	tonnes	tonnes		tonnes	tonnes
1877	204.940	76.010	1882	827.350	299.100
1878	251.010	102.900	1883	988.960	248.080
1879	351.780	108.230	1884	1.478.000	333.190
1880	352.140	130.160	1885	1.904.500	559.350
1881	662.970	210.430	1886	1.972.400	619.770

Il ressort du tableau ci-dessus que la production du naphte, qui a augmenté, en 1886, de 67.900 tonnes, a décuplé depuis 1877. La fabrication des huiles d'éclairage a progressé de 60.420 tonnes ou de 10,8 p. 100 en 1886; par contre, celle des huiles lourdes a diminué de 7.164 tonnes, soit 14 p. 100 comparativement à 1885.

On retire actuellement du naphte brut 33 p. 100 d'huile lampante; le restant forme les résidus dont une partie est soumise à un nouveau traitement; l'autre partie est employée comme combustible, et sert principalement au chauffage des raffineries.

Production de l'industrie du fer. — Il a été traité, en 1886, 1.041.800 tonnes de minerai de fer et 45.282 tonnes de scories, qui ont produit 532.100 tonnes de fonte, dont :

444.640 tonnes	ou	83,5 p. 100	au combustible végétal,
67.865 —	ou	12,8 —	— minéral,
19.595 —	ou	3,7 —	— végétal et minéral mélangés.

Le tableau suivant indique le nombre des usines en activité, des hauts fourneaux et le mode d'allure de ces derniers.

USINES	NOMBRE des usines	HAUTS FOURNEAUX		
		à allure froide	à allure chaude	Total
De l'Oural	61	60	46	106
Rayon de Moscou	23	2	31	33
De Pologne	20	6	16	22
Du Sud-Ouest et du Sud	7	7	3	10
Du Nord	3	4	"	4
De Sibérie	4	6	"	6
De Finlande	10	"	11	11
Total	128	85	107	192

Le centre de la production de la fonte se trouve dans les usines de l'Oural, ainsi que le constatent les tableaux suivants de la production en 1886 :

Usines de l'Oural	343.171 tonnes
Rayon de Moscou	65.362 —
De Pologne	48.880 —
Du Sud et du Sud-Ouest	50.409 —
Du Nord	2.588 —
De Sibérie	6.866 —
De Finlande	14.838 —

Total 532.114 tonnes

Le tableau suivant indique le mouvement de la production de la fonte pendant les dix dernières années :

USINES	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
De l'État	39.004	45.518	44.750	41.527	59.875	53.046	55.355	55.354	59.931	56.532
Du Cabinet Impérial	1.009	1.008	985	593	492	1.459	1.100	2.429	2.244	3.273
<i>Usines privées.</i>										
De l'Oural	232.027	249.433	268.412	267.829	261.044	256.533	272.291	292.873	300.842	291.638
Rayon de Moscou	46.181	45.730	53.401	53.642	54.484	54.397	55.990	59.983	59.765	65.862
Du Sud et du Sud-Ouest	26.134	26.550	17.126	20.791	25.335	32.838	32.505	33.270	36.736	50.409
De Sibérie	5.551	4.135	2.985	3.659	3.841	4.770	4.993	5.495	4.704	3.078
De Pologne	28.233	31.088	27.765	39.113	41.804	55.141	40.856	38.606	40.408	46.383
D'Olonetz	693	495	749	"	"	"	"	"	"	"
De Finlande	20.891	13.331	16.508	21.047	21.000	20.720	16.002	21.499	22.897	14.830
Total	399.703	417.288	432.681	448.201	467.875	478.904	479.752	510.009	527.527	532.114

Il ressort du tableau ci-dessus que la production de la fonte n'a augmenté que de 33 p. 100. La lenteur du développement de cette industrie provient, en général, de ce que les hauts fourneaux étant alimentés à très peu d'exception près au combustible végétal,

sont privés de la possibilité d'agrandir leur production, d'une part à cause de la difficulté de se procurer une grande quantité de combustible, et de l'autre par suite de la concurrence de la fonte étrangère qui, traitée au combustible minéral, revient à meilleur marché. Pour protéger l'industrie nationale, le gouvernement a successivement augmenté les droits sur la fonte en gueuses et en morceaux. Du 1^{er} juillet 1884 au 1^{er} mars 1885, ces droits ont été portés à 9 copecks en or (0^f,36); du 1^{er} mars 1885 au 1^{er} mars 1886, à 13 copecks (0^f,48); le 1^{er} mars 1886, à 15 copecks (0^f,60); enfin le 20 avril 1887, les droits sur la fonte en gueuses et en morceaux, importée par mer, ont été élevés à 25 copecks en or (1 franc) et sur la fonte importée par terre, à 30 copecks (1^f,20). La fonte ouvrée a dû payer 70 copecks en or (9^f,80) le poud pour les pièces sans retouche et 1^r,40 (5^f,60) pour les objets fabriqués. L'effet de ces mesures a été de réduire l'importation étrangère de 278.400 tonnes en 1884 à 129.000 tonnes en 1887.

Il convient de noter que la Société des usines de Boiansk à fait construire à Ekaterinoslaw deux hauts fourneaux, munis de tous les accessoires nécessaires pour produire de 40.000 à 50.000 tonnes de fonte au coke.

Fer. — La production du fer marchand s'est élevée, en 1886, à 362.995 tonnes, dont :

Fer en barres et façonné	248.980 tonnes
Fer en feuilles	93.083 —
Fer à chaudières, à bâtiments, etc.	21.932 —

Cette production se répartit ainsi qu'il suit entre les différentes usines :

USINES	TONNES	DIFFÉRENCE en plus ou en moins comparativement à l'année 1885
De l'Oural	200.161	+ 2.856
De la région de Moscou	27.060	— 7.302
De Pologne	76.710	+ 6.365
Du Sud et du Sud-Ouest	14.047	+ 1.561
Du Nord	31.410	+ 6.396
De Sibérie	3.604	+ 44
De Finlande	10.003	— 9.207
Total	362.995	+ 713

Tableau de la production du fer pendant la période décennale de 1877 à 1886.

USINES	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
De la Couronne.	15.900	9.617	10.922	9.986	12.655	8.398	11.877	15.311	16.197	14.289
Du Cabinet.	527	685	759	816	278	365	230	721	1.056	1.266
<i>Usines privées.</i>										
De l'Oural.	150.744	157.488	164.604	169.518	169.931	163.916	174.572	184.183	182.538	187.483
Du rayon de Moscou. . . .	26.660	31.132	32.478	37.758	33.034	44.947	43.719	45.346	34.357	27.055
De Pologne.	17.036	20.766	18.727	19.607	22.918	24.872	32.604	57.308	68.751	75.116
Du Sud et du Sud-Ouest. . .	22.451	18.207	15.996	13.989	9.320	10.986	6.930	10.091	12.478	14.039
Du Nord.	18.000	22.411	20.630	21.796	27.118	24.896	32.489	28.131	25.190	31.406
De Sibérie.	3.211	2.939	2.624	3.093	2.464	2.552	2.294	2.680	2.505	2.338
De Finlande.	11.905	10.209	13.372	15.411	14.487	16.394	17.964	18.454	19.210	10.003
Total.	266.434	273.514	280.112	292.064	292.205	297.326	322.799	362.231	362.282	362.965

Comme on le voit par les chiffres ci-dessus, l'industrie du fer en Russie n'a fait que de très faibles progrès pendant la dernière période décennale ; la production, en 1886, dépasse de 96.560 tonnes celle de l'année 1877. Comparativement à 1885, la plus-value n'est que de 700 tonnes. Parmi les différentes usines métallurgiques, celles qui ont augmenté leur production sont les usines de la région du Nord (de 6.396 tonnes) et de Pologne (de 6.365 tonnes). En ce qui concerne ces dernières, l'extension de leur activité est due à trois usines, situées sur la frontière de Prusse, qui ont produit 4.709 tonnes de plus qu'en 1885. Mais il est à remarquer que ces usines n'ont traité que de la fonte étrangère. Les usines du nord de la Russie travaillent de la fonte étrangère dont l'importation a augmenté en prévision de l'élévation des droits portés en 1887 à 50 copecks (2 francs) sur le fer en barres, façonné, en massiaux et en millbars, et à 70 copecks (2^{fr},80) sur le fer en feuilles et le fer fin.

Acier. — En 1886 on comptait en Russie 34 usines fabriquant l'acier; leur production s'est élevée à 241.791 tonnes, se composant de :

Acier de cimentation	1.620 tonnes
— puddlé et de forge.	3.575 —
— Bessemer.	67.833 —
— Martin	116.610 —
— de fusion au creuset	4.477 —
plus	47.676 —

d'aciers obtenus dans les usines de Briansk et de Varsovie, mais qui faute d'indication, n'ont pu être répartis entre les trois dernières catégories.

Une partie de l'acier obtenu a servi à la fabrication de 114.000 tonnes de rails, 18.721 tonnes d'acier façonné et 9.219 tonnes d'acier en feuilles.

La production se répartit entre les différentes usines comme suit :

USINES	TONNES	DIFFÉRENCE en plus ou en moins comparativement à l'année 1885
De l'Oural.	37.943	+ 1.594
De la région de Moscou.	29.131	+ 5.256
De Pologne.	51.623	+ 11.557
Du Sud de la Russie.	46.118	+ 14.083
Du Nord.	74 059	+ 16.829
De Finlande.	2.910	— 653
De Sibérie.	7	— 35
Total.	241.791	+ 48.631

La production de l'acier, en 1886, a augmenté comparativement à l'année précédente de 48.631 tonnes au profit de toutes les usines, excepté celles de Finlande et de Sibérie. Il convient d'ajouter toutefois que parmi les usines il s'en trouve, comme celles de Briansk, de Varsovie, de Poutiloff et d'Alexandrovsky à Saint-Pétersbourg, qui ne traitent que des fontes étrangères. Leur part respective dans l'accroissement de la production de l'acier, en 1886, se chiffre ainsi : pour la première, de 3.538 tonnes; pour la seconde, de 1.092 tonnes; pour la troisième, de 4.832 tonnes; pour la quatrième, de 5.587 tonnes. Il n'est pas douteux que ces augmentations se lient à l'accroissement de l'importation de la fonte étrangère et au relèvement des droits portés, en 1887, à 50 copecks en or (2 francs) sur l'acier en barres, façonné, en lingots, riblons, etc., et à 70 copecks en or (2^l,80) sur l'acier en feuilles et sur l'acier fin.

Le tableau suivant indique les mouvements de la production de l'acier dans la période comprise entre les années 1877 et 1886.

USINES	1877	1878	1879	1880	1881	1882	1883	1884	1885	1886
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
De la Couronne.	3,452	2,070	2,569	5,077	2,677	5,304	2,924	4,020	3,606	4,371
Du Cabinet.	"	3	8	8	8	8	8	8	4	4
<i>Usines privées.</i>										
De l'Oural.	15,221	17,605	29,431	33,169	29,916	19,427	26,023	34,760	31,443	33,572
De la région de Moscou.	8,774	10,189	56,303	71,296	58,561	53,752	49,523	36,595	24,975	29,131
De Pologne.	"	3,061	34,446	71,344	63,919	54,368	56,267	56,156	40,066	51,623
Du Sud de la Russie.	"	"	5,195	14,334	20,749	24,043	18,329	21,207	32,035	46,118
Du Nord.	16,769	31,271	81,850	111,515	117,061	90,495	68,523	52,799	57,439	74,059
De Sibérie.	20	4	10	26	"	10	18	"	38	3
De Finlande.	37	31	192	538	432	262	272	1,418	3,563	2,910
Total.	44,273	64,234	210,004	307,307	293,323	247,669	221,887	206,963	192,960	241,791

Fonte ouvree. — La fabrication des ouvrages en fonte de deuxième fusion s'est élevée à 63.486 tonnes. Dans ce nombre sont comprises 9.177 tonnes de matériel d'artillerie en fonte, se répartissant ainsi qu'il suit entre les usines suivantes :

De Zlatouisk.	981 tonnes
De Koussine.	91 —
De Satkine.	275 —
De Verkhne Tourine.	1,917 —
De Baroutchine.	2,435 —
De Perm.	246 —
De Lougane.	799 —
D'Alexandroff (gouvernement d'Olonetz).	2,187 —
De Poutilow.	246 —
Total.	9,177 tonnes

La fabrication de la fonte ouvree, pendant la période décennale de 1877 à 1886, a donné les résultats suivants :

1877.	54,661 tonnes	1883.	57,353 tonnes
1878.	53,197 —	1884.	60,691 —
1879.	51,782 —	1885.	57,535 —
1880.	52,556 —	1886.	63,486 —
1881.	50,037 —		
1882.	54,619 —	Année moyenne. .	56,592 tonnes

Vaisselle émaillée. — Cet article, dont la production a été de 1.445 tonnes, se fabrique dans cinq usines du gouvernement de Petrokow (Pologne).

Fer et acier ouvres. — 51.775 tonnes, comprenant entre autres :

820 tonnes de canons d'acier (usine d'Oboukhoff),
10.170 — de fil de fer,
4.259 — de clous.

Les canons sont fabriqués dans les usines de Perm et d'Oboukhow; les projectiles dans celles de Perm et Poutilow. La plus grande partie du fil de fer est produite par les usines de Libau, de Biéloretsk et de la Société des mines de Saint-Petersbourg; le reste, dans les établissements métallurgiques de l'Oural, de la région de Moscou et du gouvernement de Novgorod.

Les autres objets fabriqués ont été :

Cartouches.	26.226 pièces
Lames d'aciers, sabres.	35.065 —
Crochets télégraphiques.	47.927 —
Canons de fusils.	32.464 —

Cuivre et métaux divers ouvrés. — (Parties de machines, machines, chaudières, machines agricoles, etc.), 1.004 tonnes.

Nota. — La quantité des ouvrages en fonte, fer, acier et autres métaux produits par les usines minières ne constitue qu'une faible partie de la production totale de ces ouvrages en Russie. Le nombre des fabriques spéciales travaillant les métaux s'élevait en effet, en 1886, à 1.075, occupant 1.075 ouvriers, produisant une valeur de 345.944.000 francs.

Sel. — Il a été extrait, en 1886, 1.196.800 tonnes de sel, dont :

Sel gemme.	230.100 tonnes
— marin.	627.200 —
— obtenu par l'action du feu.	339.500 —

Total. 1.196.800 tonnes

La production du sel pendant la période décennale comprise entre 1877 et 1886, est donnée par le tableau suivant :

ANNÉES	SEL GEMME	SEL MARIN	SEL OBTENU par l'action du feu	TOTAL
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
1877	33.242	256.774	181.222	471.238
1878	63.512	405.660	222.257	791.429
1879	77.062	515.403	225.297	817.852
1880	47.009	482.620	249.510	779.229
1881	68.808	486.868	275.517	831.193
1882	90.727	1.294.991	281.268	1.666.986
1883	119.694	723.554	294.797	1.137.955
1884	157.469	536.031	331.171	1.024.671
1885	182.718	500.963	359.494	1.133.175
1886	230.071	627.182	339.570	1.196.823

Il ressort des données ci-dessus que la production du sel a

augmenté, en 1886, de 63.600 tonnes, soit de 5,6 p. 100, et que les lacs salés fournissent environ 50 p. 100 de la quantité totale. L'extension progressive de l'extraction du sel gemme pendant les dernières années est due au développement des mines de Bakhmout qui, depuis 1881, première année de leur exploitation, ont porté leur production jusqu'à 144.000 tonnes, ainsi que le constate le tableau suivant :

	1881	1882	1883	1884	1885	1886
<i>District de Bakhmout.</i>	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Mines de Briantzeff.	4.832	32.760	53.399	68.970	89.259	99.828
— Dekonow	"	"	7.412	22.932	24.381	44.293
Total.	4.832	32.760	60.811	91.902	113.640	144.121
Auxquels il y a lieu d'ajouter la production des mines :						
De Kharlamow.						24.570
De Dekona Pokhrovskoi.						157
Total général						168.848

Le sel gemme de Bakhmout, grâce à ses qualités supérieures et à l'excellente position géographique de ses gisements situés au centre de la Russie, voit son cercle de consommation s'élargir de plus en plus par suite de la concurrence qu'il fait au sel de Slaviansk, de Crimée et de Perm.

Dans la région de la Vistule, c'est à celui du Donetz que les consommateurs, habitués au sel étranger, donnent la préférence. Jusqu'à 1884, en effet, ce rayon était inaccessible au produit russe à cause du taux trop élevé des tarifs des chemins de fer russes. Ces derniers ayant été abaissés sur toutes les lignes par lesquelles le sel du Donetz pénètre dans les provinces de la Vistule, l'importation étrangère a presque complètement cessé. Elle est tombée sur la frontière prussienne, de 16.772 tonnes en 1883 à 7.859 tonnes; par la frontière d'Autriche, de 9.042 tonnes à 5.137 tonnes.

En général, par suite de la suppression du droit d'accise de 30 copecks (1¹/₂₀) par poud sur le sel russe et l'établissement d'un droit d'entrée de 20 copecks en or (0¹/₈₀) sur le sel étranger, l'importation de ce dernier a baissé de 155.140 tonnes en 1883 à 74.817 en 1884, et 35.163 tonnes en 1885; en 1886, elle n'a atteint que 19.698 tonnes. Le sel anglais, dans les ports de la Baltique et du Sud, est évincé par le sel de Crimée, et celui d'Autriche et de Prusse sur la frontière de l'Ouest, par le sel de Bakhmout et de Slaviansk.

Sel de Glauber. — Production : 4.466 tonnes, dont :

1.166 tonnes	extraites	dans le gouvernement de Tiflis,
590	—	— dans le territoire de Kouban,
2.685	—	— des lacs de Mormuchansk (gouvernement de Tomsk),
25	—	— dans le gouvernement de Vologda.

Les lacs de Mormuchansk qui sont exploités depuis 1886, contiennent des gisements considérables de sel de Glauber d'une richesse évaluée à 75 millions de pouds (1.228.500 tonnes). Le sel qui en est extrait est consommé par les fabriques de soude du district de Barnaoul (gouvernement de Tomsk), les verreries, et par les usines de l'Altaï pour la fonte des galènes argentifères.

Soufre. — Une seule mine de soufre, celle de Kkhiout, près de l'aoul de Kirtchat, dans le Daghestan, a été exploitée en 1886 par une Compagnie française; il en a été extrait 13.140 tonnes de minerai qui, après la fusion, ont produit 4.179 tonnes de soufre. Sur cette quantité 983 tonnes ont été vendues à Bakou et 10 expédiées à Moscou à la recherche de débouchés sur les marchés du Volga.

Phosphorite. — Les phosphorites sont fournis par les gouvernements de Podolie, de Bessarabie, sur les rives du Dniester et de ses affluents et par les gouvernements de Kostroma et de Koursk.

Ceux de Podolie sont de bonne qualité, tant à cause de leur richesse en acide phosphorique (23 à 35 p. 100), qu'à cause de leur faible teneur en fer et en manganèse. Le prix du poud (16¹/₂, 38) sur place varie de 0¹/₂, 88 à 1¹/₂, 04. En 1886 il a été exporté par les douanes de Volotchisk et d'Odessa 11.137 tonnes de phosphorite à l'étranger et 6.552 tonnes à l'intérieur de la Russie.

La production se serait donc élevée à 17.689 tonnes (*). Les phosphorites du gouvernement de Kostroma renferment de 22 à 26 p. 100 d'acide phosphorique. On en a recueilli, en 1886, 633 tonnes. Celle de Koursk, désignée sous le nom de *Samorode*, appartient au système crétacé; elle se présentent sous la forme d'une espèce de sable cimenté par le carbonate et le phosphate

(*) Dans le gouvernement de Podolie, on trouve des dépôts de phosphorite chez chaque cabaretier; acheté 0¹/₂, 12 le poud chez les paysans, la phosphorite est revendue à des agents de maisons anglaises à 0¹/₂, 40 le poud. Exportée en Angleterre, elle revient en Russie sous forme de superphosphate.

de chaux, et contient de 13 à 27 p. 100 d'acide phosphorique. Elle sert actuellement au pavage des rues et des chaussées. La poussière de ces routes est ramassée par les paysans qui la déposent sur leurs champs.

Commerce extérieur des produits de l'industrie minière russe en 1886. — L'importation des produits miniers a de beaucoup dépassé l'exportation en 1886, ainsi que le constate le tableau suivant :

	IMPORTATION	EXPORTATION	DIFFÉRENCE en plus ou en moins
	tonnes	tonnes	tonnes
Fer en barres, façonné, etc.	54.891	3.423	— 51.468
— en feuilles et fer fin	22.934	2.033	— 20.901
Rails en fer	372	"	— 372
Ribbons	116	1.774	+ 1.658
Total.	78.313	7.230	— 71.083
Métaux composés et alliages	214	78	— 136
Ponts en morceaux et en débris. . . .	265.010	"	— 265.010
Fer-blanc	2.922	"	— 2.922
Acier en barres, façonné et en feuilles.	10.893	321	— 10.572
Rails d'acier.	718	"	— 718
Débris d'acier.	13	79	+ 57
Cuivre rouge et vert	2.197	207	— 1.990
Étain	1.756	"	— 1.756
Platine brut.	"	5	+ 5
Mercure	47	"	— 47
Plomb	13.521	"	— 13.521
Zinc en morceaux	2.477	6	— 2.471
— en feuilles.	2.157	"	— 2.157
Houille.	1.754.200	4.493	— 1.749.707
Soufre	8.501	"	— 8.501
Sel.	19.700	9.565	— 10.145
Naphte brut.	1	20.603	+ 20.602
Produits de naphte.	714	225.250	+ 224.536
Minéral, graphite, etc.	9.883	66.547	+ 66.659
	francs	francs	francs
Or en lingots et en monnaie.	9.604.768	57.173.184	— 47.568.416
Argent.	19.013.528	9.747.472	— 9.266.056
Objets précieux.	2.384.752	1.208.892	— 1.115.860
Objets en métaux.	67.503.988	8.691.484	— 58.802.504
Machines.	58.513.912	1.551.112	— 56.962.800
Malachite, lapis lazuli et pierres de Sibérie.	"	293.604	+ 293.604

On voit par les chiffres ci-dessus que la balance du commerce extérieur de la Russie, en ce qui concerne les produits miniers, se solde par un excédent d'importation très considérable et que ce pays est encore tributaire de l'étranger pour une très forte

somme, malgré la plus-value de ses exportations de platine, de naphte, de produits de naphte, de graphite et autres minerais.

Le tableau suivant contient d'ailleurs des renseignements intéressants sur le mouvement des importations pendant les cinq dernières années.

	1882	1883	1884	1885	1886
	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes	tonnes
Fer de toute sorte.	108.190	107.650	102.610	84.650	78.310
Fonte.	208.720	237.450	287.230	200.500	205.010
Acier et rails d'acier.	7.581	5.142	7.485	6.355	11.610
Cuivre.	3.063	3.685	4.815	3.800	2.195
Étain.	1.490	1.900	1.834	1.310	1.753
Mercure.	33	42	44	57	47
Plomb.	16.030	15.400	17.569	8.911	13.509
Zinc.	2.654	2.441	3.995	2.983	2.686
Houille.	1.683.400	2.163.000	1.843.500	1.741.800	1.754.200
Soufre.	8.566	13.250	12.670	6.897	8.502
Sel.	173.220	155.140	87.322	35.163	19.682
Naphte et produits de naphte.	16.880	7.812	4.762	2.081	721
	milliers de francs	milliers de francs	milliers de francs	milliers de francs	milliers de francs
Objets précieux.	1.912	2.496	2.256	2.596	3.384
— en métaux.	123.804	88.788	67.852	63.252	67.592
Machines.	85.344	79.332	67.952	48.784	58.512

Comparativement à l'année 1885, l'augmentation des importations a porté sur la fonte, l'acier, la houille, le plomb, les machines, l'étain et le soufre. Par contre, les entrées de fer, de mercure, de cuivre, de zinc, de sel et des objets en métaux précieux, sont en diminution.

(Extrait d'un *Rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères* par M. Ed. PINGAUD, *chancelier du consulat de France à Saint-Petersbourg*).

STATISTIQUE DE L'INDUSTRIE MINÉRALE DE LA BELGIQUE POUR L'ANNÉE 1888

(COMPRENANT LA STATISTIQUE DÉCENNALE DES PHOSPHATES DE CHAUX.)

Houille. — La production houillère de la Belgique s'est élevée, en 1888, à 19.218.481 tonnes, d'une valeur totale de 162.018.000 fr.

Production et valeur se répartissent comme suit :

	tonnes.	francs.
Hainaut.	13.923.140	117.577.000
Namur.	428.173	2.799.000
Liège.	4.797.168	41.642.000

D'où, par rapport à l'année précédente, des augmentations de 839.857 tonnes et de 14.344.000 francs.

Le prix moyen de vente qui, depuis 1883, n'a cessé de décroître jusqu'à descendre à 8^f.04 pour l'année 1887, s'est relevé, en 1888, à 8^f.43.

Le nombre de sièges d'exploitation en activité a été de 268, le même qu'en 1887; 83 sont tenus en réserve et on en compte 9 en construction.

L'industrie houillère est desservie par 2.074 moteurs à vapeur, d'une puissance de 123.258 chevaux et se répartissant comme suit :

	Machines.	Chev.-vap.
Extraction	<u>418</u>	<u>61.511</u>
Exhaure	<u>208</u>	<u>31.196</u>
Aérage	<u>375</u>	<u>16.104</u>
Divers	<u>1.073</u>	<u>14.448</u>
Ensemble	<u>2.074</u>	<u>123.258</u>

L'épaisseur utile des couches exploitées a été, en moyenne, de 0^m.64, la même que l'année précédente.

Les charbonnages ont occupé 103.477 travailleurs (2.738 de plus qu'en 1887). — Cet effectif se subdivise comme suit :

	A l'intérieur.	A l'extérieur.	Ensemble.
Hommes	<u>65.123</u>	<u>16.467</u>	<u>81.590</u>
Femmes	<u>3.327</u>	<u>4.051</u>	<u>7.378</u>
Garçons au-dessous de seize ans . .	<u>8.562</u>	<u>2.471</u>	<u>11.033</u>
Filles au-dessous de seize ans . . .	<u>1.026</u>	<u>2.450</u>	<u>3.476</u>
Totaux	<u>78.038</u>	<u>25.439</u>	<u>103.477</u>

Le montant des salaires a été de 89.909.000 francs, ce qui établit le salaire annuel moyen de l'ouvrier (hommes, femmes, garçons et filles du fond et de la surface) à 869 francs, soit 54 francs de plus qu'en 1887.

Le salaire journalier moyen a été de 2^f.98 pour 292 jours de travail. Ce salaire s'est partagé comme suit :

Ouvriers de la surface	<u>2^f.61</u>
Ouvriers de l'intérieur	<u>3.40</u>

Les dépenses de toute nature effectuées en 1888, les intérêts des capitaux engagés étant tenus en dehors, ont été les suivantes :

	francs.
Salaires	<u>89.909.000</u>
Autres frais	<u>59.583.000</u>
Ensemble	<u>149.492.000</u>

D'où un prix de revient à la tonne de 7¹/₇₈, supérieur de 0¹/₂₂ à celui de l'année précédente.

En distinguant les exploitations qui ont présenté, en 1888, des excédents de recettes ou de dépenses, on trouve que :

				francs.
<u>91</u>	charbonnages ont eu des excédents de recettes de . . .			<u>15.151.000</u>
Et <u>42</u>	id.	id.	dépenses de . . .	<u>2.625.000</u>

La différence donne, pour l'ensemble, un bénéfice de. . . 12.526.000

Le bénéfice général à la tonne a donc été de 0¹/₆₃.

Le tableau ci-après résume la marche de l'industrie charbonnière pendant la dernière période décennale :

ANNÉES	PRODU- TION	MINES EN GAIN	BÉNÉFICE	MINES en perte	DÉFICIT	BÉNÉFICE général	BÉNÉFICE général à la tonne	OUVRIERS		PRIX de vente à la tonne
								Nombre	Salaires annuels	
	tonnes.	comb.	francs.	comb.	francs.	francs.	francs.		francs.	fr.
1879	15.447.292	70	8.049.000	96	8.223.000	(*) - 174.000	(*) - 0,01	97.714	809	9,39
1880	16.386.038	85	10.862.000	79	7.016.000	3.846.000	0,23	102.930	920	10,06
1881	16.873.351	77	8.723.000	83	10.192.000	(*) - 1.469.000	(*) - 0,09	101.351	931	9,70
1882	17.590.989	85	10.965.000	73	6.189.000	4.776.000	0,27	103.701	926	10,00
1883	18.177.734	80	11.277.000	73	6.719.000	4.558.000	0,25	106.252	1.006	10,17
1884	18.051.499	78	10.289.000	71	4.030.000	6.259.000	0,35	105.582	914	9,53
1885	17.437.003	81	10.496.000	69	3.559.000	6.937.000	0,40	103.065	812	8,87
1886	17.285.513	77	8.749.000	67	3.596.000	5.151.000	0,30	100.282	783	8,25
1887	18.378.624	90	10.829.000	50	2.088.000	8.741.000	0,48	100.739	815	8,04
1888	19.318.481	91	15.151.000	42	2.625.000	12.526.000	0,65	103.477	869	8,43

(*) Perte.

Il a été fabriqué, en 1888, 1.987.445 tonnes de coke d'une valeur moyenne de 13¹/₆₃; cette fabrication a consommé 2.744.869 tonnes de houille.

Il a été importé 1.034.748 tonnes de houille et 27.461 tonnes de coke; l'exportation s'est élevée à 4.466.801 tonnes de houille et 1.060.754 tonnes de coke.

Fer. — La Belgique a produit, en 1888, 213.327 tonnes de minerai de fer (minerai lavé), valant 1.402.000 francs. Les hauts fourneaux ont consommé :

	tonnes.
Minerais belges	<u>207.617</u>
— étrangers	<u>1.601.612</u>
Scories et mitraille.	<u>312.406</u>

et ont produit 826.850 tonnes de fonte valant 40.490.000 francs.

Les usines à fer ont livré 547.818 tonnes de fers finis, d'une

valeur de 70.057.000 francs, et les aciéries 185.417 tonnes de produits finis, valant 22.605.000 francs. Ces derniers chiffres comprennent 101.194 tonnes de rails d'acier, d'une valeur de 10.688.000 francs.

Métaux autres que le fer. — Les mines métalliques ont livré en 1888, les quantités suivantes :

	tonnes.		francs.
Minerais de zinc	24.537	valant	1.161.000
— de plomb	414	—	44.000
Pyrite de fer	3.916	—	41.000

Les usines à zinc ont consommé 21.898 tonnes de minéra indigène et 181.674 tonnes de minerai étranger; elles ont produit 80.675 tonnes de zinc brut valant 34.637.000 francs.

Les usines à plomb ont consommé 356 tonnes de minerai belge, 15.989 tonnes de minerais étrangers et 8.537 tonnes de produits secondaires ; elles ont livré 10.921 tonnes de plomb brut, d'une valeur de 3.601.000 francs et 29.329 kilogrammes d'argent, valant 4.597.000 francs.

Carrières. — La production des carrières en Belgique, pendant l'année 1888, est indiquée par le tableau ci-dessous :

DÉSIGNATION DES PRODUITS (*)		LE ROYAUME	
		Quantités	Valeurs francs
Pierres de taille	M ³	118.949	9.990.000
Chaux, moellons et pierrailles	M ³	1.722.677	7.611.000
Pierres à paver	P	82.051	6.060.000
Dalles et carreaux	M ²	125.522	361.000
Marbre	M ³	11.277	1.952.000
Ardoises	M ³	26.808.000	674.000
Pierres à faux et à rasoir	P	"	"
Meules en grès	M ³	"	"
Castine	M ³	182.865	322.000
Dolomie	"	1.750	4.000
Terre à porcelaine	M ³	"	"
Terre plastique	T	183.605	1.559.000
Marne et craie	M ³	25.650	122.000
Sable	M ³	306.867	626.000
Silex pour faïencerie	M ³	17.800	168.000
Silex, gravier et pierrailles pour empiè- rement	M ³	591.080	1.216.000
Sulfate de baryte	T	9.800	"
Phosphate de chaux	M ³	190.000	2.660.000
Valeur totale		"	33.379.000

(*) En mètres cubes = M³; en mètres carrés = M²; en tonnes = T; en nombre de pièces = P.

Accidents. — Le nombre des accidents constatés, en 1888, par procès-verbaux, dans les mines, minières, carrières souterraines et usines métallurgiques du royaume, s'est élevé à 221.

Ils ont occasionné la mort de 196 ouvriers et des blessures graves à 72 autres.

Ces accidents se sont répartis comme suit :

	Accidents.	Tués.	Blessés.
Charbonnages.	199	181	65
Mines métalliques et minières.	3	2	1
Carrières souterraines.	4	3	1
Usines métallurgiques.	15	10	5
	<u>221</u>	<u>196</u>	<u>72</u>

Le nombre de tués comprend 32 victimes du coup de grisou survenu le 13 novembre 1888, au puits Frédéric du charbonnage de la Grande Machine à feu de Dour.

L'industrie charbonnière ayant occupé 103.477 ouvriers, la proportion des tués dans les mines de houille se trouve être de 1,89 par mille travailleurs. L'année précédente, cette proportion avait été de 2,84.

Caisses de prévoyance et de secours. — Les recettes des six Caisses communes de prévoyance ont été les suivantes :

	francs.
Retenues sur les salaires.	275.035,77
Cotisations des exploitants.	1.237.462,56
Subvention de l'État.	44.643,34
Subvention des provinces.	9.800,00
Autres recettes.	396.363,31
Total.	<u>1.963.304,98</u>

Les dépenses se sont élevées à :

	francs.
Pensions.	1.399.562,89
Secours.	530.578,20
Autres dépenses.	836,27
Frais d'administration.	42.813,47
Total.	<u>1.973.790,83</u>

D'où un déficit qui, en apparence, n'est que de 10.485^f,85, mais qui, en réalité, s'élève à 164.387^f,14. La différence a été couverte par la plus-value d'obligations réalisées ou échangées.

Quant aux Caisses particulières de secours, elles ont reçu 1.477.767^f,42, dont 1.200.198^f,90 en cotisations des exploitants. Les dépenses ont été de 1.476.015^f,44, sensiblement égales aux recettes.

Statistique décennale des phosphates de chaux.

La marche de l'exploitation des phosphates de chaux en Belgique, depuis l'origine de cette industrie en 1877, est indiquée dans le tableau ci-dessous :

ANNÉES	TONNES	VALEURS francs	PRIX de la tonne francs
1877	3.910	135.600	34,68
1878	5.720	208.900	36,52
1879	7.700	229.300	29,78
1880	15.745	567.000	36,01
1881	30.000	1.130.000	37,67
1882	41.050	1.239.000	30,18
1883	59.800	2.284.000	38,19
1884	69.720	1.792.000	25,70
1885	162.250	3.182.000	19,60
1886	145.520	2.545.000	17,49
1887	166.900	2.604.000	15,60
1888	190.000	2.660.000	14,00

On voit que la production n'a pas cessé de progresser, mais qu'il y a eu avilissement continu des prix.

(Extrait de la Statistique des mines, minières, carrières, usines métallurgiques et appareils à vapeur pour l'année 1888, par M. HARZÉ, ingénieur en chef des mines, publiée dans les Annales des travaux publics de Belgique.)

LA PRODUCTION DU CHARBON EN PRUSSE DE 1862 A 1888.

Il est intéressant de jeter un coup d'œil rétrospectif sur les vingt-cinq dernières années pour y suivre les variations des chiffres relatifs à la production du charbon en Prusse et à la valeur de cette production.

Il a été extrait en Prusse :

En 1862, 13 millions de tonnes de charbon valant. . . .	84.582.000 fr.
En 1865, 21 — — — —	146.875.000
En 1872, 29 — — — —	319.375.000

Pendant cette période de dix ans, la production du charbon a donc augmenté dans une proportion de plus de 100 p. 100, tandis

que la valeur des prix moyens de vente a presque quadruplé. C'est une véritable pluie d'or qui s'est déversée durant ces années sur les propriétaires de mines de charbon. Mais le contre-coup n'a pas tardé à se faire sentir, ainsi qu'il ressort des chiffres suivants.

Il a été extrait en Prusse :

En 1877, 33 $\frac{1}{2}$ millions de tonnes de charbon valant. . .	233.332.000 fr.
En 1882, 47 — — — . . .	290.938.000
En 1887, 54 $\frac{1}{2}$ — — — . . .	330.000.000
En 1888, 59 $\frac{1}{2}$ — — — . . .	365.000.000

De ces indications il résulte que, si d'une part les quantités extraites pendant les seize années allant de 1872 à 1888 ont de nouveau plus que doublé, d'autre part la valeur totale de cette production n'est pas sensiblement supérieure à celle de 1872. Les prix de la tonne de charbon qui étaient en 1862 de 6^f,50, et en 1872 de 13 francs, n'étaient plus en 1888 que de 6 francs.

Les mines de Saarbrück, appartenant à l'État, et qui sont beaucoup moins riches que celles de la Ruhr, n'ont cessé de donner un rendement suffisant et elles ont largement payé les intérêts des capitaux engagés, malgré de notables amortissements. Dans les districts de la Ruhr, par contre, les propriétaires se sont laissé entraîner par l'appât du prix élevé du charbon en 1871 et 1872, à augmenter leur exploitation tout en se livrant à de nouvelles et coûteuses installations. Ces installations ont été l'occasion de dépenses d'autant plus fortes qu'elles ont eu lieu à un moment où les salaires, par suite de l'activité générale, avaient augmenté, où tous les matériaux de construction étaient fort chers et où les propriétaires, éblouis par l'abondance de l'argent, avaient cru devoir donner à leurs établissements un agencement luxueux. Les mines nouvellement installées ont naturellement été de suite mises en exploitation et ont voulu à leur tour vendre leur charbon. D'autre part, les anciennes mines ont forcé leur production pour chercher de leur côté à tirer profit des prix élevés qui régnaient à cette époque. Il s'en est suivi de véritables excès de production, entraînant nécessairement une dépréciation de la marchandise. Cette dépréciation est devenue inquiétante à la suite de la crise industrielle qui a éclaté en Allemagne et en Autriche en 1873 et qui a contraint les maîtres de forges, qui sont les principaux clients des mines, à limiter considérablement leurs achats de combustible.

Malgré cette baisse des prix de vente, les ouvriers ont réussi à faire maintenir les salaires à peu près au taux où ils étaient

arrivés pendant la période de prospérité, et les propriétaires ont échoué dans leurs efforts pour les réduire. A cette cause d'élévation des frais généraux sont venues s'ajouter les dépenses résultant de la nécessité d'engager de nouveaux ouvriers, appelés souvent de fort loin, et n'ayant ni l'adresse ni la force de travail des anciens mineurs indigènes dont le nombre était graduellement devenu insuffisant. (On sait d'ailleurs que les ouvriers ont obtenu à la suite de la grande grève du printemps de la présente année 1889, une certaine amélioration de leur situation.)

Le mouvement de recul qui a frappé la prospérité de l'industrie du charbon en Prusse en 1873 et pendant les années suivantes, aurait été moins vivement ressenti si les propriétaires avaient formé de fortes réserves au temps de leur prospérité. Les sociétés charbonnières par actions, toutefois, ont été moins atteintes que les exploitations particulières, par la raison que la loi et leurs propres statuts leur imposent l'obligation de constituer et d'entretenir un fonds de réserve. Dans aucune industrie, la nécessité de prélever, sur les rendements nets, un fonds de prévoyance n'est aussi impérieuse que dans l'industrie du charbon, non seulement à cause des accidents qui peuvent atteindre toute exploitation minière et à cause des fluctuations du marché, mais aussi parce que toute mine est destinée à s'épuiser dans un avenir plus ou moins éloigné. Aussi les propriétaires bien avisés ne devraient-ils considérer comme rente disponible qu'une faible partie du rendement de leur mine.

C'est pour avoir méconnu les conseils d'une sage prudence que les districts de la Ruhr ont eu à lutter jusqu'à cette année-ci contre une baisse excessive des prix. Le moyen adopté actuellement par les propriétaires ne consiste pas d'ailleurs en une restriction de production. Comme tant d'autres industriels allemands, ils ont choisi l'arme à deux tranchants de la coalition pour forcer la hausse des prix; les résultats obtenus sont notables, et l'on assure que l'on doit prochainement s'attendre à une nouvelle hausse de 20 à 30 p. 100, hausse que la spéculation escompte par avance en se montrant depuis quelques jours très portée à acquérir des actions de compagnies minières.

Le nombre des mines de charbon exploitées en Prusse était, en 1862, de 434, chiffre qui, bien que le rendement total fût plus considérable, baissa en 1867 à 426, pour se relever à 476 en 1872, moment de la grande prospérité. A partir de cette date, le nombre des mines exploitées baisse de nouveau, et en 1887, on ne se trouve plus en présence que de 357 établissements. L'extraction

annuelle moyenne de chacun de ces établissements a d'ailleurs augmenté, ainsi que le constatent les chiffres donnés au commencement de cette étude. Le prix de revient de chaque entreprise a pu, en conséquence, être sensiblement diminué.

Quand au nombre des ouvriers employés dans les mines de charbon en Prusse, il y a lieu de faire observer que de 1862 à 1872, il a progressé à peu près dans la même proportion que la production : 69.468 ouvriers ont extrait 13 millions de tonnes en 1862, et 140.544 en ont extrait 29 millions en 1872. A partir de cette date et grâce aux perfectionnements apportés à l'outillage, la progression n'est plus la même, car en 1883, 198.222 ouvriers ont suffi pour opérer l'extraction de 59 millions 1/2 de tonnes de charbon.

(Extrait d'un *Rapport adressé à M. le Ministre des affaires étrangères*, à la date du 20 septembre 1889, par M. EUG. BOEUVÉ, gérant du Consulat Général de France, à Francfort.)

LÉGISLATION ÉTRANGÈRE.

ESPAGNE.

Loi du 1^{er} août 1889 sur l'assèchement des mines ()*.

(Traduction et notes par M. L. AGUILLON).

Art. 1^{er}. — Lorsqu'un groupe plus ou moins considérable de concessions de mines est menacé ou souffre des conséquences d'une inondation, commune à toutes, qui compromet leur existence ou rend impossible l'extraction de leurs produits (**), le

(*) Cette loi espagnole n'est, à des modifications de détail près, que la reproduction de la première partie de notre loi du 27 avril 1838. Nous nous attacherons, dans les quelques notes dont nous avons cru devoir accompagner la traduction littérale de la loi, à faire ressortir les différences des deux législations.

(**) La loi espagnole a supprimé, non sans raison, la sécurité publique et les besoins des consommateurs, mentionnés dans l'article 1^{er} de notre loi de 1838; le législateur de cette époque s'était cru obligé, on le sait, d'emprunter toutes les expressions du classique article 49 de la loi du 21 avril 1810.

gouvernement obligera les concessionnaires à exécuter en commun et à leurs frais les travaux nécessaires pour assécher les mines inondées en tout ou en partie, ou pour arrêter les progrès de l'inondation.

Art. 2. — On procédera au préalable à une enquête administrative dans laquelle seront entendus tous les intéressés (*).

Art. 3. — Cette enquête sera ordonnée par le ministre du *Fomento*, sur un mémoire de l'ingénieur en chef des mines faisant connaître : la production des mines avant et depuis l'inondation, ses causes, la manière dont elle se propage et progresse; les préjudices qu'elle occasionne, et la nécessité d'appliquer la présente loi pour obliger les concessionnaires à exécuter, à leurs frais, les travaux destinés à assécher les mines inondées et éviter l'inondation des autres.

A ce mémoire seront joints les plans et coupes nécessaires pour en faciliter l'intelligence.

Art. 4. — Ce mémoire et ces plans resteront pendant deux mois à la disposition du public, au gouvernement civil de la province; il sera ouvert un registre pour recevoir toutes les observations qui seraient présentées durant le délai sus-indiqué.

Art. 5. — L'enquête sera annoncée dans la *Gaceta* (Journal officiel de Madrid) et dans le *Bulletin officiel* de la province, et par affiches dans la capitale et dans les communes (*ayuntamientos*) sur lesquelles portent les mines; elle sera notifiée administrativement aux concessionnaires ou à leurs représentants, ainsi qu'aux représentants des sociétés propriétaires de mines.

Art. 6. — Le gouvernement nommera une commission composée de cinq ou six membres, dont l'un, chargé de présider la commission, sera un inspecteur général des mines; les autres membres seront choisis parmi des personnes compétentes, impartiales et étrangères aux intérêts engagés (**); la commission se réunira dans la capitale de la province à l'expiration du délai de deux mois indiqué à l'article 4.

Art. 7. — La commission examinera les déclarations consignées au registre; elle recevra les dires, mémoires et observa-

(*) Notre loi de 1838 a renvoyé (art. 1^{er}) à un règlement d'administration publique, constitué par l'ordonnance du 23 mai 1841, la détermination des formes à suivre dans cette enquête; elles ont, au contraire, été placées dans la loi elle-même par le législateur espagnol.

(**) Dans notre système français, l'article 6 de l'ordonnance du 23 mai 1841 laisse au préfet toute latitude pour le choix tant des membres que du président de la commission d'enquête.

tions de toute espèce; elle entendra les concessionnaires de mines, les propriétaires d'usines métallurgiques et les chefs d'établissements industriels, les chambres de commerce et autres corporations constituées, et en général toutes les personnes pouvant fournir d'utiles renseignements; puis elle donnera son avis sur la question de savoir s'il y a lieu d'appliquer l'article 1^{er} de la présente loi.

Art. 8. — Toutes ces opérations devront être terminées dans le délai d'un mois; le procès-verbal, accompagné de tous les documents concernant l'enquête, sera remis au gouverneur qui enverra le tout, avec son avis, au ministre du *Fomento*.

Art. 9. — Sur le vu du dossier, le ministre, après avis du conseil supérieur technique des mines, décidera s'il y a lieu d'appliquer ou non l'article 1^{er} (*). Le recours contre cette décision ne sera pas suspensif.

Les concessionnaires, ainsi que les présidents ou gérants des sociétés minières dûment et légalement autorisés, seront convoqués par le gouverneur en assemblée générale (**), à l'effet de nommer un syndicat, composé de trois ou cinq membres, pour la gestion des intérêts communs.

Le gouverneur présidera la réunion de l'assemblée qui fixera le nombre des syndics et la durée de leur mandat.

(*) La loi espagnole ne stipule pas explicitement, comme le fait la loi française en son article 2, que le ministre désignera les concessions intéressées qui seront contraintes à se syndiquer; mais cela résulte implicitement de la suite du texte de la loi espagnole.

(**) Plusieurs différences sont à relever entre les deux législations dans la constitution et le fonctionnement de l'assemblée générale: le gouverneur de la province la préside en Espagne; le préfet se borne, en France, à déterminer son mode de délibération. Le nombre des syndics est fixé par l'assemblée générale espagnole; par le préfet, en France. L'assemblée générale espagnole arrête la durée du mandat des syndics; la loi française n'en parle pas et le décret qui doit fixer chez nous l'organisation du syndicat peut seul combler cette lacune. Dans l'assemblée générale espagnole les voix se comptent par tête; notre loi a organisé un mode de représentation suivant l'importance des concessions qui n'a que l'inconvénient de rendre la loi matériellement inapplicable si l'une des concessions n'a pas eu de produit net durant les trois années dont les résultats servent de base à la supputation du nombre des voix. La loi espagnole, pas plus que la loi française, ne dit explicitement si les syndics doivent être pris nécessairement parmi les intéressés; répond-on affirmativement, la loi devient matériellement inapplicable en France comme en Espagne, au cas de deux seules concessions intéressées ou de deux seuls propriétaires de plusieurs concessions intéressées; il est vrai qu'avec l'émission de la propriété minière en Espagne ce cas, possible en France, n'est guère vraisemblable, en fait, de l'autre côté des Pyrénées.

Dans cette première réunion les délibérations ne sont valables que si plus de la moitié des membres convoqués sont présents.

Dans la seconde, qui ne pourra avoir lieu que dix jours après la première, les délibérations seront valables quel que soit le nombre des membres présents.

Ne pourront prendre part à ces délibérations les tributaires, entrepreneurs ou amodiataires des mines, quelle que soit la dénomination avec laquelle ils interviennent dans l'exploitation (*).

En cas de décès ou de cessation des fonctions des syndics, ils seront remplacés par l'assemblée générale dans les formes qui auront été suivies pour leur nomination.

Art. 10. — Le syndicat préparera un règlement qui sera soumis à l'assemblée générale, convoquée et présidée par le gouverneur de la province; ce règlement déterminera l'organisation définitive et les attributions du syndicat, les bases de la répartition provisoire ou définitive de la dépense entre les concessionnaires intéressés, le système et le mode d'exécution et d'entretien des travaux d'assèchement, et les époques périodiques où les taxes devront être acquittées par les concessionnaires (**).

Ce règlement, approuvé par l'assemblée générale, sera transmis par le gouverneur au ministre du *Fomento* pour le sanctionner définitivement, si celui-ci le juge bon, après avis du conseil supérieur des mines et du Conseil d'État.

Art. 11. — Si l'assemblée générale, dûment convoquée, ne se réunit pas, ou si elle n'arrive pas à s'entendre pour la nomination des syndics, le ministre, sur la proposition du gouverneur, instituera d'office une commission, composée de trois ou cinq personnes, qui sera investie de l'autorité et des attributions des syndics.

Si ceux-ci ne mettent point à exécution les travaux d'assèchement, ou s'ils contreviennent au mode d'exécution et d'entretien qui a été fixé, le ministre du *Fomento* pourra, sur la proposition du gouverneur, les intéressés préalablement entendus, les sus-

(*) La loi espagnole résout explicitement une question dont la solution ne peut résulter qu'implicitement de notre législation, à savoir que le seul intéressé, au sens de la loi, en pareille matière, ne peut être que le propriétaire et jamais l'amodiateur.

(**) L'intervention de l'assemblée générale tant dans la fixation des statuts que dans le projet des travaux est une innovation, du reste rationnelle, de la loi espagnole; dans le système français ce sont les syndics qui formulent les propositions que doit sanctionner ensuite l'administration, comme dans le système espagnol d'ailleurs, pour qu'elles deviennent exécutoires.

pendre de leurs fonctions et leur substituer un nombre égal de commissaires dont les pouvoirs cesseront à l'époque fixée pour les syndics; mais, sur la proposition du gouverneur, ces pouvoirs pourront cesser plus tôt.

Ces commissaires pourront être rétribués; le taux des traitements sera fixé par l'assemblée générale (*), et leur montant sera acquitté sur le produit des taxes imposées aux concessionnaires.

Art. 12. — Les rôles de recouvrement des taxes seront dressés par les syndics et rendus exécutoires par eux.

Les réclamations des concessionnaires sur la fixation de leur quote-part sont jugées par le gouverneur dans le délai de un mois, après avoir entendu la députation provinciale, les syndics et l'ingénieur en chef de la province, sans que les taxes réclamées puissent être exigibles jusqu'à la décision du gouverneur (**). Les réclamations relatives à l'exécution des travaux seront jugées, par le gouverneur, après avoir entendu l'ingénieur en chef des mines, avec recours dans ce cas, comme dans le précédent, au ministre du *Fomento*. Les recours par la voie contentieuse administrative ne suspendront pas les travaux.

Art. 13. — Deux mois s'étant écoulés après la demande en paiement d'une taxe d'assèchement sans que le concessionnaire l'ait payée, et un mois après notification personnelle au propriétaire ou à son représentant, ou, en cas d'impossibilité, après avis inséré dans le *Bulletin officiel*, la mine sera réputée abandonnée, et le gouverneur déclarera la concession déchuë, sauf recours devant le ministre du *Fomento* (***).

(*) Dans la loi française (art. 4), le traitement des commissaires est fixé par le ministre, sur la proposition du préfet. Il est à craindre, dans le système espagnol, que l'assemblée générale refuse de délibérer sur une allocation de traitements de nature à augmenter les charges des intéressés qui composent cette assemblée.

(**) L'effet suspensif de toute réclamation corrige l'inconvénient de faire rendre le rôle exécutoire par les syndics, sans l'intervention de l'administration.

(***) On sait que le droit espagnol moderne, constitué par le décret-bases de Ruiz Zorrilla, du 29 décembre 1868, n'admet qu'un seul cas de déchéance de la propriété minière, celui de non-paiement des redevances dues à l'Etat; dans ce cas, la propriété n'est pas retirée purement et simplement; elle est vendue aux enchères publiques par voie administrative, et le prix profite au propriétaire déchu ou à ses ayants droit, après prélèvement des sommes dues au Trésor. Le précédent de l'article 6 de notre loi du 27 avril 1838 devait fatalement conduire le législateur espagnol à créer un second cas de déchéance dans le droit minier de la péninsule ibérique.

Dans l'un et l'autre de ces cas la déchéance encourue devra être prononcée

Art. 14. — Lorsque la déchéance sera définitive, la mine sera vendue aux enchères publiques conformément à la loi des mines. Le concessionnaire déchu pourra arrêter les effets de la dépossession, en payant, avant l'adjudication, toutes les taxes arriérées et en outre la surtaxe que l'administration des finances impose aux contribuables en retard. Dans la fixation du prix de vente on comprendra le montant des sommes dues au syndicat (*).

Article additionnel. — On passera outre aux dispositions exigées par les articles 3 et 4 s'il s'agit de mines, comme celles de la Sierra Almagrera, dans lesquelles, par des travaux antérieurs, on connaît de longue date les circonstances spéciales et les conditions techniques dont il est parlé dans ces articles. Le ministre du *Fomento*, après la publication de la présente loi, prescrira au gouverneur de la province de convoquer les concessionnaires dans la forme indiquée par l'article 9.

Disposition finale. — Sont abrogées toutes les dispositions contraires à la présente loi.

PROTECTORAT ALLEMAND DU SUD-OUEST DE L'AFRIQUE.

Ordonnance du 15 août 1889 sur l'exploitation des mines.

En donnant, dans le volume précédent des *Annales* (p. 697), l'analyse de l'ordonnance rendue par le gouvernement allemand, le 25 mars 1888, pour l'exploitation de l'or et des pierres précieuses dans le protectorat du sud-ouest de l'Afrique, nous avons indiqué diverses critiques que ce document avait soulevées dès

d'après le droit espagnol, tandis que dans le système de notre loi de 1838, la déchéance n'est jamais qu'une mesure facultative pour l'administration.

(*) Ainsi qu'il a été dit à la note précédente, la seule déchéance du droit minier espagnol moderne était celle fixée par l'article 23 du décret-bases du 29 décembre 1868. Pour procéder aux enchères prévues par cet article, en cas de déchéance encourue et prononcée, la valeur de la mine, pour la mise à prix, doit, d'après des règles résultant d'ordres royaux des 14 mai 1879 et 25 octobre 1881, être calculée, si la mine est inexploitée, en capitalisant à 3 p. 100 le montant de la redevance fixe qui lui incombe (4 francs ou 10 francs par hectare, suivant la nature des substances), et, si elle est exploitée, en capitalisant à 3 p. 100 le produit brut qu'elle donne. La question reste controversée de savoir si l'adjudication ne peut avoir lieu que lorsqu'il y a eu surenchère sur le prix ainsi calculé ou si l'on veut admettre au contraire des enchères inférieures.

son apparition. Bien d'autres avaient été faites, notamment sur les rapports, à tout le moins bizarres, créés entre la société allemande pour le sud-ouest africain et les autorités minières. Le gouvernement allemand n'a pas tardé à se rendre compte des imperfections et des lacunes de son ordonnance de 1888; elle vient d'être abrogée et remplacée par une nouvelle ordonnance du 15 août 1889 dont nous nous proposons de donner l'analyse, à raison de l'intérêt pratique qu'il peut y avoir, dans cette période de colonisation à outrance chez tous les peuples, à suivre les systèmes d'organisation, toujours délicats, appliqués à l'industrie des mines sur les divers points du globe.

L'ordonnance du 15 août 1889 se distingue tout d'abord de celle de 1888 en ce que celle-ci ne s'appliquait qu'à l'or et aux pierres précieuses, tandis que celle-là est faite pour toutes les substances minérales ou fossiles qui peuvent être utilisées industriellement; il est créé, il est vrai, deux régimes un peu différents pour l'institution des mines de chacune de ces deux classes de substances; mais cette distinction ne laisse pas d'être assez fréquente, sinon même générale, dans tous les pays qui produisent ou sont susceptibles de produire de l'or. Dans le régime appliqué aux exploitations de métaux précieux, on s'est rapproché beaucoup plus qu'en 1888 du système de la loi du Transvaal, du 15 février 1888 (V. vol. précédent, p. 690), qui, malgré les critiques que l'on est assez disposé à lui adresser, semble appelé à l'honneur de servir de modèle pour le continent africain au sud de l'équateur. C'est notamment dans l'accroissement des privilèges accordés aux propriétaires de surface que l'imitation est plus grande, comme aussi dans la réduction de la dimension des champ de mines appropriables par les particuliers. Dans les règles sur l'institution des mines d'autres substances, on a suivi plutôt les principes du droit minier allemand continental; mais le régime de la mine instituée diffère notablement de celui de la mine du continent; elle en diffère en fait par ses dimensions considérablement plus réduites; elle en diffère surtout en droit par l'obligation de la continuité de travail à peine de déchéance pure et simple.

Voici d'ailleurs l'analyse des dispositions essentielles de l'ordonnance :

Les règles sur les recherches (Titre II, §§ 3 à 11) sont communes à toutes les substances sans distinction. Les recherches ne peuvent avoir lieu, comme par le passé, que dans les districts à ce déclarés ouverts par l'administration (*öffentliche Schürfsge-*

biète) (§ 3). Elles ne peuvent être entreprises qu'en vertu d'un permis, de six mois de durée, délivré par l'administration, moyennant le paiement par avance, à peine de déchéance, d'une somme de 5 *mark* (6^f,25 par mois) (§ 5); c'est une réduction de moitié sur l'ancienne taxe; mais la nouvelle ordonnance ne tranche pas, explicitement du moins, la question de savoir si tout particulier a le droit d'obtenir un permis moyennant le seul paiement de la taxe, ou si la délivrance en reste soumise à l'appréciation discrétionnaire de l'administration.

La cessibilité du permis, qui jadis nécessitait l'autorisation de l'administration, est de droit aujourd'hui contre paiement d'une taxe de 10 *mark* (12^f,50) (§ 6) qui est aussi la moitié de l'ancien droit de transfert. Le cercle dans lequel l'explorateur a le droit exclusif de fouille a été porté de 500 mètres à 1.000 mètres de rayon (§ 7), l'explorateur pouvant toujours, en terrain libre, déplacer à volonté le signal de fouille qui forme le centre de son cercle de recherches (§ 8) (*).

Les règles spéciales à l'exploitation des pierres précieuses et des métaux précieux, c'est-à-dire limitativement de l'or, de l'argent et du platine, font l'objet du titre III, §§ 12 à 35.

Comme au Transvaal il y aura lieu de distinguer désormais le cas où l'exploitation doit avoir lieu dans des *districts publics d'exploitation* (*öffentliche Grubengebiete*), lesquels sont distincts, en droit et en fait, des *districts de recherche* précédemment mentionnés, et le cas où l'autorité minière n'a pas cru devoir instituer un pareil district.

Dans les *districts publics d'exploitation*, qui sont créés et définis par l'autorité minière, et seulement lorsque l'exploitabilité de la substance a été reconnue en un point et est présumée exister sur une étendue suffisante (§ 14), l'appropriation de champs privatifs d'exploitation, de ce que l'on nomme partout ailleurs des *claims*, se fait suivant des règles analogues en principe à celles de l'ordonnance de 1888, c'est-à-dire, successivement, par voie de privilège les uns sur les autres, en faveur de : 1° l'inventeur dans les limites de son périmètre de recherche; 2° le propriétaire superficiaire dans les limites de sa propriété; 3° tout demandeur suivant l'ordre de priorité de sa demande. On a fait

(*) La forme circulaire donnée au périmètre de recherche, avec centre au signal de fouille, qui a été adoptée déjà dans la loi autrichienne de 1854, offre, en pratique, d'incontestables avantages sur toutes autres pour éviter l'empiètement des périmètres les uns sur les autres, sans qu'il soit besoin de les aborner.

disparaître du nouveau système le droit de préférence attribué en 1888 à la Société coloniale sur les autres demandeurs.

L'inventeur a droit, au lieu de cinq champs comme en 1888, à trois champs seulement, dont l'un libre de la redevance annuelle de surface qui sera ci-dessous indiquée (*); le propriétaire superficiaire a droit à un champ pour une propriété de 50 hectares; à deux champs pour une propriété de 50 à 200 hectares, et à un champ en plus par 250 hectares en plus, avec maximum dans tous les cas de quinze champs (§ 16); le demandeur ordinaire a droit à deux champs (§ 18).

Le champ est un carré de 50 sur 50 mètres ($1/4$ d'hectare) pour les gîtes d'alluvion; un rectangle de 50 mètres en direction et 150 mètres en pendage ($3/4$ d'hectare) sur les gîtes en *rif* (filon ou couche) (§ 19).

Tout champ, sauf un de ceux attribués à l'inventeur, doit payer une redevance mensuelle de 20 *mark* (25 francs ou 300 francs par an) (§ 24). Cette taxe par an n'est que le tiers de celle de l'ordonnance de 1888; mais le champ de cette ordonnance pouvait avoir 2 hectares pour l'or et 1 hectare pour les pierres précieuses. Par contre, dans le nouveau système, les exploitations ne sont plus assujetties à la redevance supplémentaire de 5 p. 100 du produit brut stipulé jadis en faveur de la Société coloniale.

Il est dû une taxe de 40 *mark* (50 francs) par chaque transfert du droit d'exploitation (§ 24).

Tout concessionnaire doit avoir commencé ses travaux dans l'année; il ne peut les interrompre pendant un délai de plus de six mois, que l'autorité minière peut proroger de six autres mois; le tout à peine de déchéance pure et simple que l'autorité minière doit prononcer (§ 26 à 28). Ces règles sur le travail obligatoire sont plus sévères que celle de l'ordonnance de 1888 qui accordait des délais de deux ans. Par contre, on peut, moyennant le paiement d'une taxe de 40 *mark* (50 francs) réunir ensemble jusqu'à 15 champs contigus, et l'on satisfait pour cet ensemble aux règles du travail obligatoire en s'y conformant pour un seul des champs réunis (§ 29).

L'exploitant conserve les droits qui lui avaient été reconnus en 1888, soit pour l'occupation de terrains à la surface, soit pour le passage à travers les mines voisines en vue de l'épuisement,

(*) L'exemption est-elle personnelle à l'inventeur ou passe-t-elle à son concessionnaire? C'est ce que la loi ne résout pas explicitement, ce que fait au contraire la loi du Transvaal.

de l'aérage ou même d'une exploitation plus avantageuse, le tout moyennant réparation éventuelle des préjudices subis par les tiers (§ 22).

Dans le cas où l'administration n'a pas cru devoir créer un *district public d'exploitation*, l'exploitation ne peut être faite que par l'inventeur ou le propriétaire superficiaire. L'inventeur a droit à trois champs soumis à toutes les dispositions que l'on vient de faire connaître (§ 32). Par contre, pour le propriétaire superficiaire il peut être créé, sous réserve du droit de préférence de l'inventeur, un régime spécial analogue à celui du *mijnpachtbrief* du Transvaal. Le propriétaire peut, en effet, obtenir pour lui ou céder à un tiers le droit d'exploiter sous tout ou partie de sa propriété, pour une période de cinq à vingt ans, renouvelable, moyennant le paiement d'une redevance annuelle de 10 mark (12^f,50) par hectare, ou, au choix de l'administration, de 2 1/2 p. 100 du produit brut de l'année précédente établi d'après les livres (§§ 33-34); ce droit d'exploiter peut être retiré purement et simplement, mais sans l'être nécessairement, si l'exploitation n'est pas commencée dans l'année ou reste interrompue plus de six mois (§ 35).

Pour les substances autres que les métaux précieux et les pierres précieuses, substances dont traite le titre IV (§§ 36 à 43), le droit de les exploiter, par champ et par substance, s'acquiert à la seule priorité de la demande, sous réserve d'un privilège en faveur de l'explorateur permissionné qui serait inventeur, à la condition que l'existence de la substance dans son gisement naturel ait été établie antérieurement au dépôt de la demande et que celle-ci soit régulière en la forme. On reconnaîtra dans ces dispositions les principes fondamentaux de l'institution de la propriété des mines suivant le droit minier allemand moderne.

Le champ, qui doit être de forme rectangulaire, ne peut avoir plus de dix hectares; il est orienté et disposé au choix du demandeur pourvu qu'il comprenne le point de la découverte ou de la constatation de l'existence du gîte.

Le concessionnaire d'un champ de substance ordinaire est soumis à toutes les obligations et jouit de tous les droits ci-dessus indiqués pour les champs de métaux précieux ou de pierres précieuses, avec cette seule différence qu'il a deux ans pour commencer son exploitation et peut chômer un an (§ 43).

Pour les deux classes de substances, la moitié des taxes sus-indiquées bénéficie aux propriétaires de terrains sous lesquels se trouvent les mines d'où ces taxes proviennent; c'est une dis-

position également empruntée à la loi du Transvaal. Le restant sert d'abord à payer les dépenses de l'autorité minière, et la moitié de l'excédent est remis à la Société coloniale (§§ 46 à 48).

Une autorité minière est constituée absolument indépendante de la Société coloniale; cette autorité agit sous la surveillance du commissaire impérial; l'autorité minière cumule des attributions administratives pour l'application de la loi, des attributions judiciaires pour statuer sur toutes les contestations auxquelles la loi peut donner lieu, et enfin des attributions de police pour la surveillance des exploitations au point de vue de la sécurité (§§ 49 à 51). Dans certains cas, notamment pour le règlement des indemnités, l'autorité minière doit au préalable provoquer l'avis de comités d'exploitants institués par *district public d'exploitation*, pour les métaux précieux et pierres précieuses (§§ 30-31); par districts à ce fixés par l'administration pour les exploitations d'autres substances (§ 43).

L'ensemble des dispositions qui précèdent constitue le régime normal, celui qui présente un intérêt plus particulier au point de vue du droit minier comparé. Mais, en fait, il a fallu admettre un régime exceptionnel pour ménager les droits régulièrement acquis par des tiers antérieurement, et notamment ceux de la Société coloniale. Ces droits sont, en principe, confirmés tels qu'ils existent (§ 54); et les exploitations faites en suite de ces droits ne sont soumises qu'à la surveillance de police de l'autorité minière (§ 56) et au paiement d'une redevance annuelle qui ne peut dépasser 2 1/2 p. 100 du produit brut, y compris les redevances qui devraient être servies aux chefs indigènes (§ 54). La Société coloniale est même exempte de toute redevance pour les exploitations faites par elle-même ou ses amodiataires dans les terrains dont elle avait acquis la propriété avant l'ordonnance du 25 mars 1888 (§ 55).

L. A.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SEIZIÈME.

MINÉRALOGIE. — GÉOLOGIE.

	Pages.
Mémoire sur l'industrie du cuivre dans la région d'Huelva; par M. <i>L. de Launay</i>	427

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

Note sur la fabrication et les propriétés des ciments de laitier; par M. <i>A. Prost</i>	458
Notice sur un nouveau procédé de fabrication de l'alumi- nium; par M. <i>Ichon</i>	534
Note sur la fabrication électro-métallurgique de l'alumi- nium et de ses alliages à Froges (Isère); par M. <i>Kuss</i> . . .	545
Observations sur l'électro-métallurgie de l'aluminium; par M. <i>Lodin</i>	559

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

Commission d'étude de l'emploi des explosifs dans les mines à grisou. — Essais pratiques faits dans quelques exploitations de mines sur divers explosifs indiqués par la Commission des substances explosives. Résumé des rapports adressés à la Commission; par M. <i>Mallard</i> . . .	15
Notes sur diverses expériences concernant l'emploi des explosifs dans les mines à grisou; par M. <i>Mallard</i>	99
Note sur quelques détails de plans inclinés automoteurs; par M. <i>Villot</i>	409
Note sur la propagation latérale des mouvements d'effon- drement dans les mines; par M. <i>Villot</i>	421

	Pages
Note sur divers systèmes de fermeture des lampes de sûreté; par M. <i>L. Janet</i>	564

OBJETS DIVERS.

Note sur l'explosion d'une chaudière à vapeur dans un hôtel à Hartford (États-Unis d'Amérique); par M. <i>C. Walckenaer</i>	5
Expériences à propos de la soupape de sûreté de M. Dulac; par M. <i>C. Walckenaer</i>	124
La Garantie d'intérêts et son application, en France, à l'exécution des travaux publics; par M. <i>Colson</i>	209
Discours prononcé aux funérailles de M. Ed. Fuchs, ingénieur en chef des mines, le 9 septembre 1889, par M. <i>Haton de la Goupillière</i> , inspecteur général, directeur de l'École supérieure des mines.	405
Notice nécrologique sur M. Jean Baills, ingénieur des mines; par M. <i>L. Aguilhon</i>	517
Bulletin des accidents arrivés dans l'emploi des appareils à vapeur pendant l'année 1888	522
Discours prononcé aux funérailles de M. Phillips, membre de l'Institut, inspecteur général des mines, le 20 décembre 1889; par M. <i>Résal</i>	532

BULLETIN.

Actes de courage et de dévouement : accidents arrivés dans les mines et les carrières	587
Statistique de l'industrie minérale et métallurgique de l'empire de Russie en 1886	592
Statistique de l'industrie minérale de la Belgique pour l'année 1888 (comprenant la Statistique décennale des phosphates de chaux)	610
La production du charbon en Prusse de 1862 à 1888.	613
<i>Législation étrangère.</i>	
Espagne	618
Protectorat allemand du sud-ouest de l'Afrique.	623

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME SEIZIÈME.

Pl. I. — Essais pratiques faits sur divers explosifs nouveaux, et expériences sur l'emploi des explosifs dans les mines à grisou.

Pl. II à VI. — Expériences à propos de la soupape de sûreté de M. Dulac.

Pl. VII à IX. — Fabrication et propriétés des ciments de laitier.

Pl. X, *fig.* 1 et 2. — Dispositions employées sur certains plans inclinés automoteurs.

Pl. X, *fig.* 3. — Propagation latérale d'un mouvement d'effondrement survenu aux mines de Fuveau.

Pl. X, *fig.* 4 à 11; Pl. XI; Pl. XII. — Industrie du cuivre dans la région de Huelva.

Pl. XIII. — Systèmes de fermeture des lampes de sûreté.

Grande-Somme
de monnaie

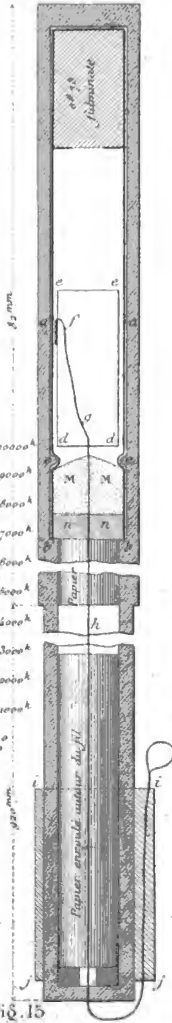


Fig. 15

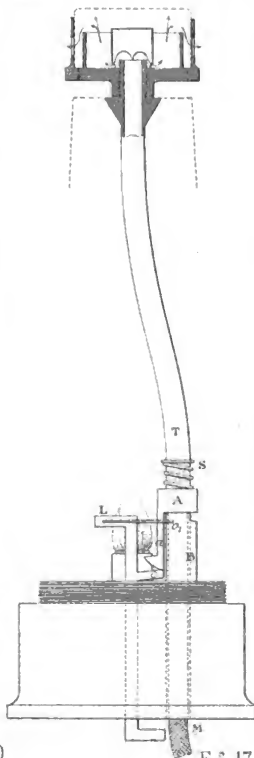
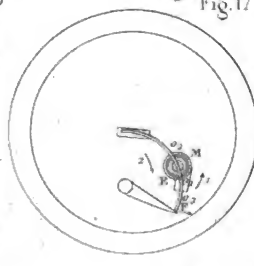


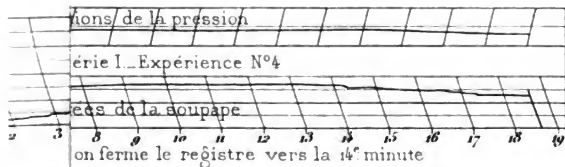
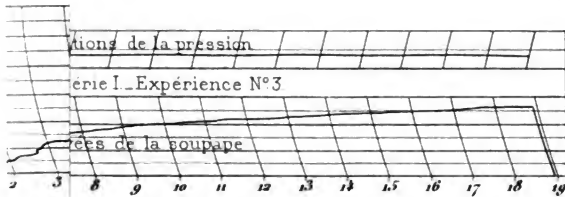
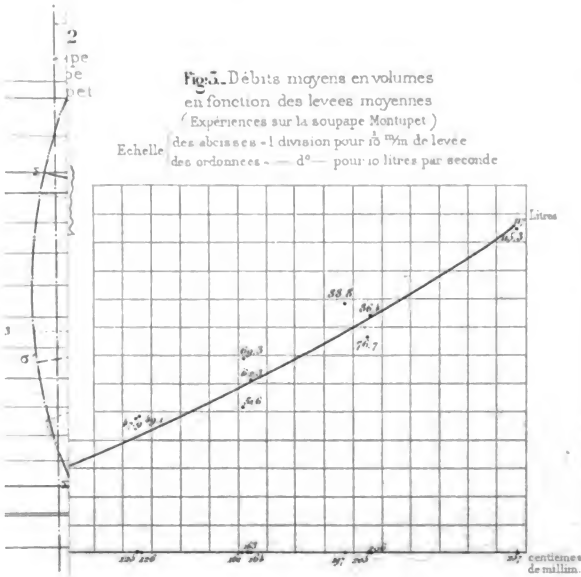
Fig. 17



Maquet &c

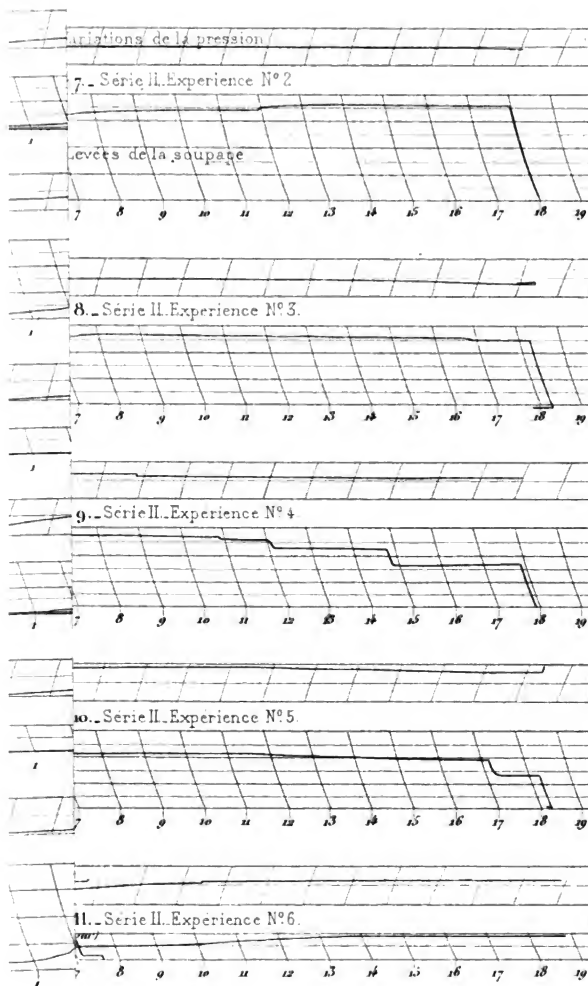
Fig. 1. Débits moyens en volumes
en fonction des levees moyennes
(Expériences sur la soupape Montupet)

Echelle des abscisses - 1 division pour 10^3 m^3 de levée
des ordonnées - — d° — pour 10 litres par seconde



Series, T₁

Macquet & Co.



Dulac

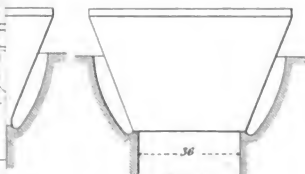


Fig. 4.

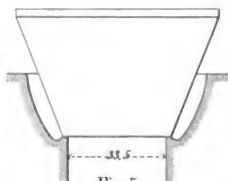
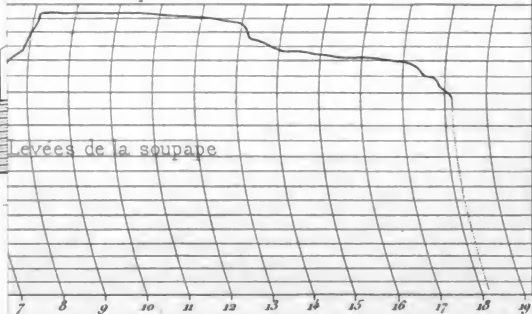


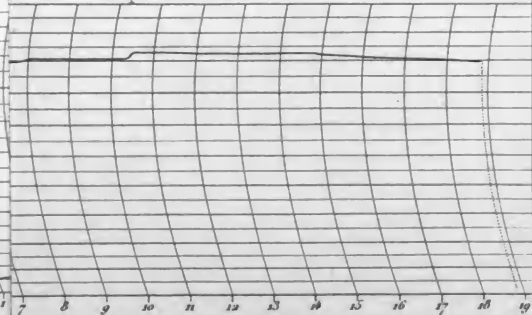
Fig. 5.

variations de la pression

Série A. Expérience N°1.



Série A. Expérience N°2.



variations de la pression

3. Série B. Expérience N° 2.

Levées de la soupape

7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

4. Série B. Expérience N° 4.

1

8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

5. Série B. Expérience N° 5.

2

8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19

Mines, B.

Macynet et

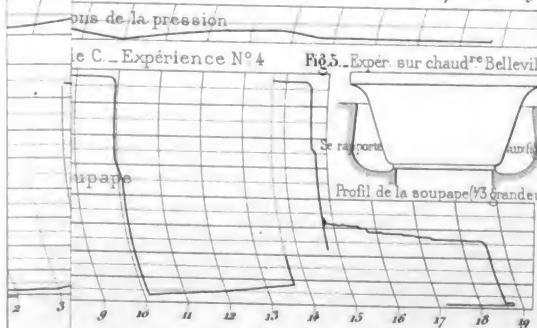
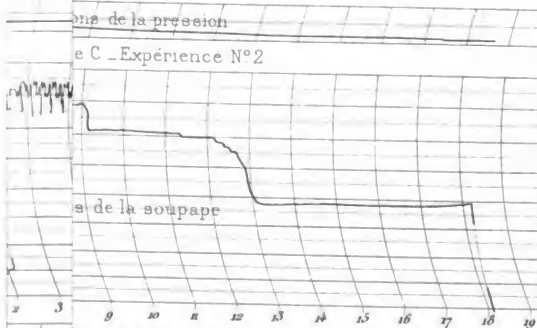


Fig. 5. Expér. sur chaud^{re} Belleville

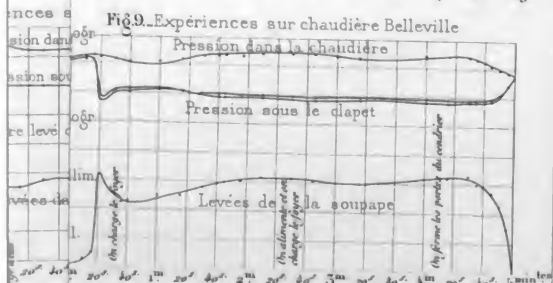
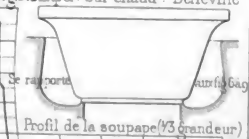


Fig. 9. Expériences sur chaudière Belleville

Dans les fig. 7 à 9, quand la pression sous le clapet est figurée par deux traits le trait supérieur se rapporte à la pression dérivée par un ajutage tourné vers le bas et le trait inférieur à celle dérivée par un ajutage vers le haut.

Fig. 5

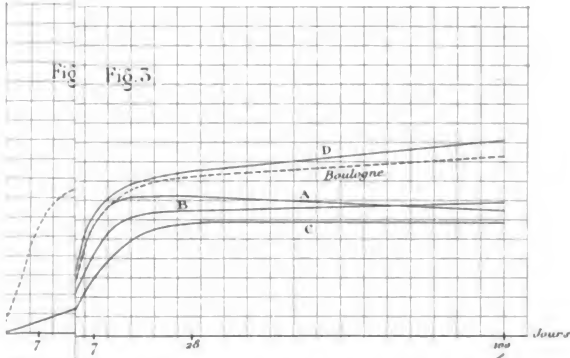


Fig. 6

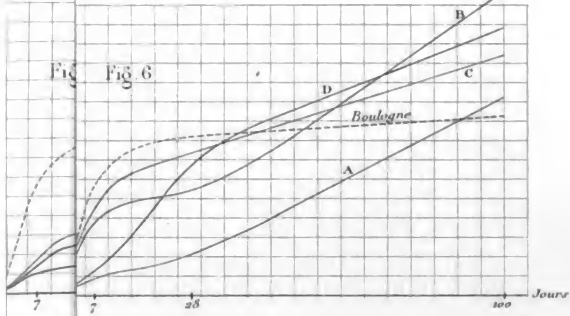
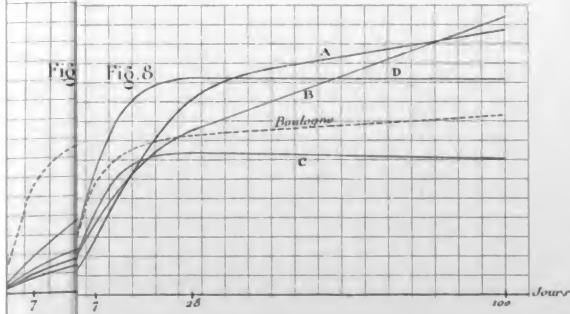
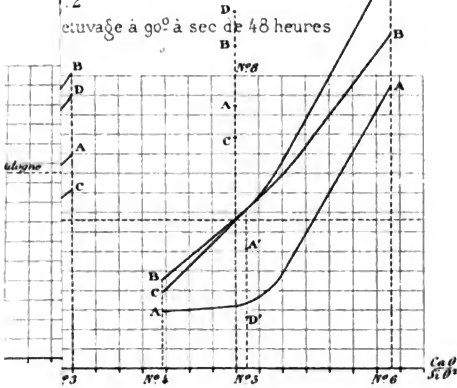


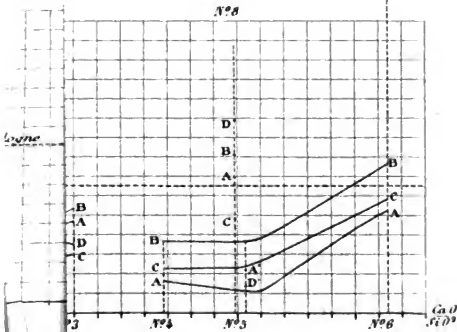
Fig. 8



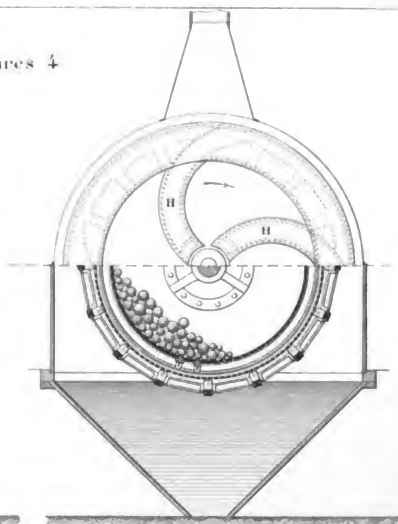
2
 etuvage à 90° à sec de 48 heures



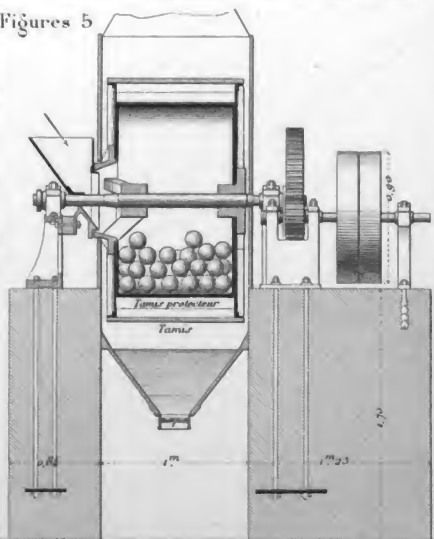
jours à l'eau chaude à 90°



Figures 4



Figures 5



Macquet sc

Fig. 6 Plan de l'amas pyriteux de San Dominicos
Echelle au 10,000

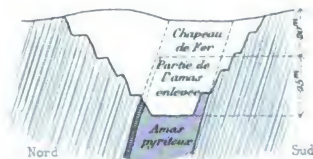
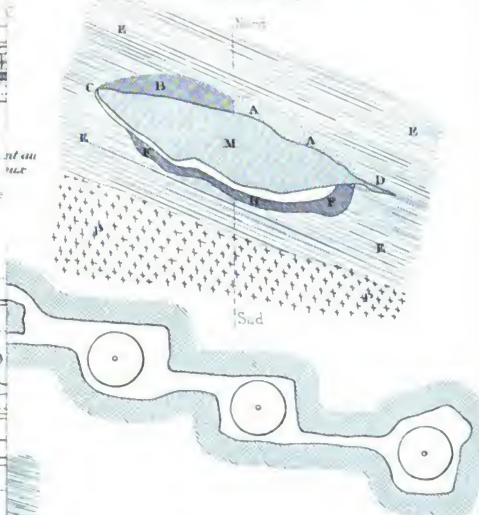
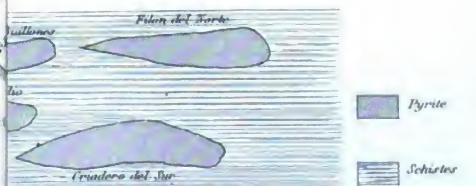
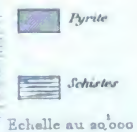


Fig. 9 Coupe N-S du découvert de la Lagunazo
Echelle au 2500



Plan des amas pyriteux de Tharsis



Macquet sc.

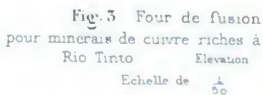
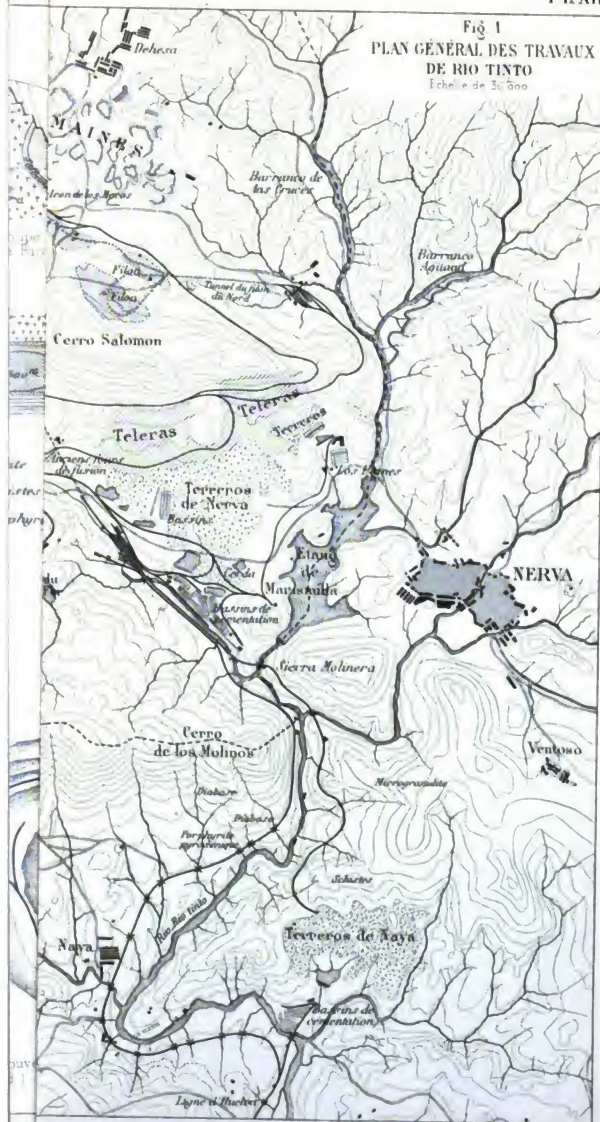


Fig 1
PLAN GÉNÉRAL DES TRAVAUX
DE RIO TINTO
Echelle de 30 000



Macquet sc

FIGURES AU RIVET DE PLOMB

Système Viala - Catrice

Fig. 12. - Elevation

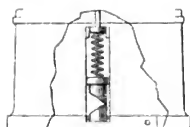
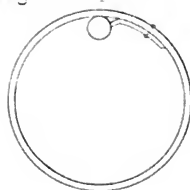


Fig. 13. - Vue par dessous



Système Dunoire

Fig. 14. - Elevation

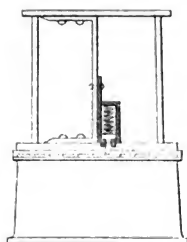
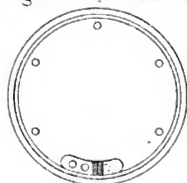
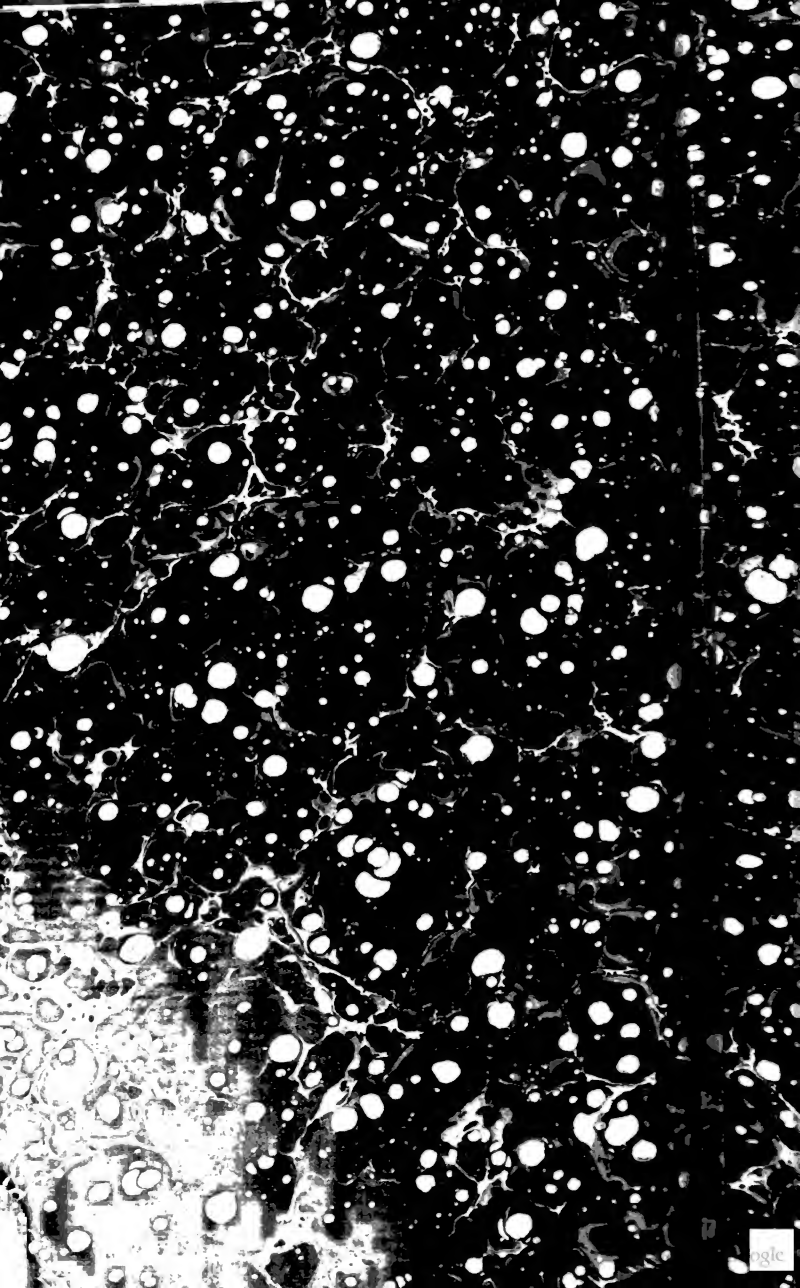
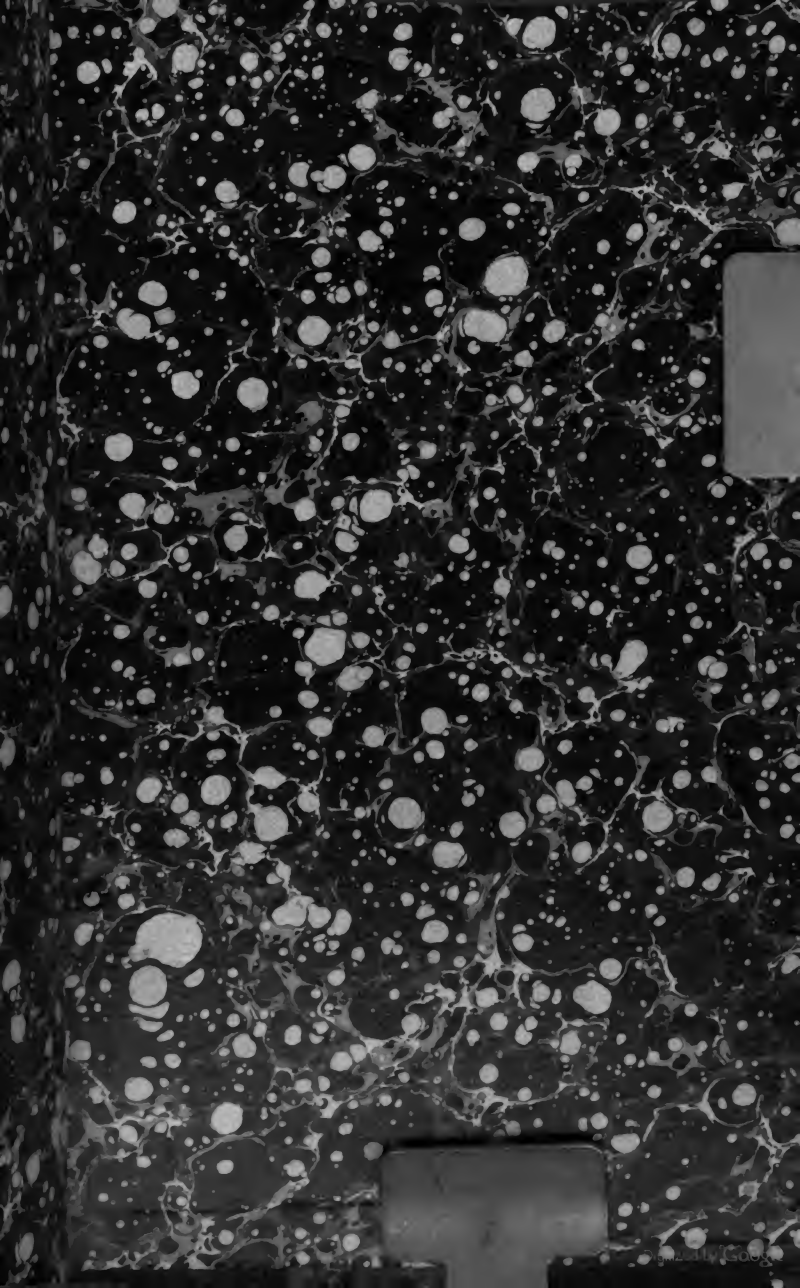


Fig. 15. - Vue par dessous



2 2







3 2044 102 905 874